# وداعًا نظرية مركزية الأرض

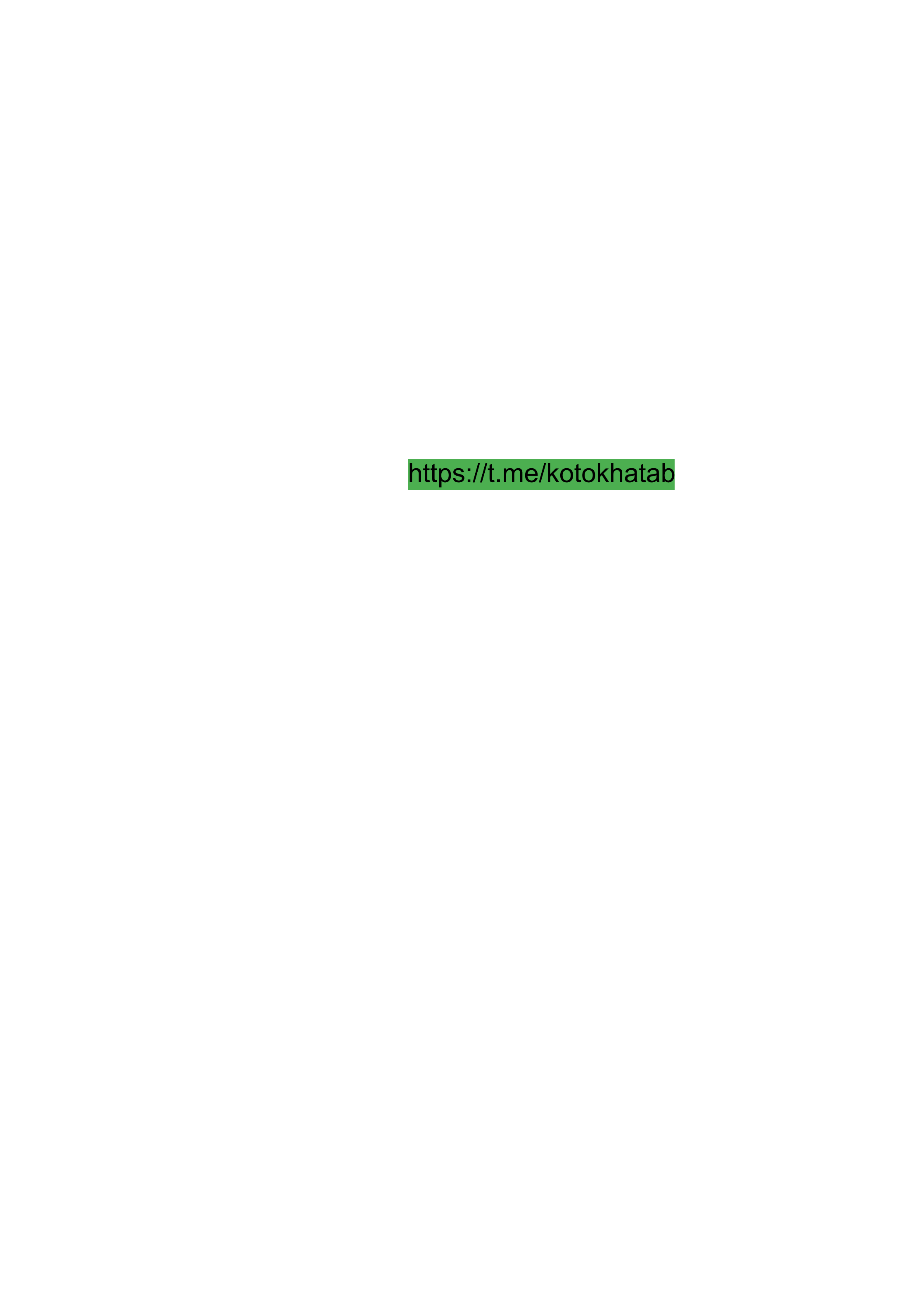
## كوبرنيكوس ودورات الأجرام السماوية



ويليام تي فولمان

# وداعًا نظرية مركزية الأرض




https://t.me/kotokhatab

# وداعًا نظرية مركزية الأرض

## كوبرنيكوس ودورات الأجرام السماوية

**تأليف**
**ويليام تي فولمان**

ترجمة
أسامة فاروق حسن

مراجعة
هاني فتحي سليمان



# وداعًا نظرية مركزية الأرض

# Uncentering the Earth

ويليام تي فولمان

William T. Vollmann

**الطبعة الأولى ٢٠١٥م**
رقم إيداع ٢٠١٤/١٠٩٦٥
جميع الحقوق محفوظة للناشر مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة
المشهرة برقم ٨٨٦٢ بتاريخ ٢٠١٢/٨/٢٦

**مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة**
إن مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة غير مسئولة عن آراء المؤلف وأفكاره
وإنما يعبِّر الكتاب عن آراء مؤلفه
٥٤ عمارات الفتح، حي السفارات، مدينة نصر ١١٤٧١، القاهرة
جمهورية مصر العربية
**تليفون:** ٢٢٧٠٦٣٥٢ ٢٠٢ + **فاكس:** ٣٥٣٦٥٨٥٣ ٢٠٢ +
**البريد الإلكتروني:** hindawi@hindawi.org
**الموقع الإلكتروني:** http://www.hindawi.org

تي فولمان، ويليام.
وداعًا نظرية مركزية الأرض: كوبرنيكوس ودورات الأجرام السماوية/تأليف ويليام تي فولمان.
تدمك: ٩٧٨ ٩٧٧ ٧١٩ ٨٩٧ ٤

١- الأجرام السماوية
٢- الدوران (فلك)
٣- الكواكب

أ- العنوان

٥٢١

تصميم الغلاف: محمد الطوبجي.

# المحتويات

# شكر وتقدير

إنني لشديد الامتنان لمحرري السيد جيسي كوهين، على إتاحته الفرصة لي من أجل تعلُّم المزيد عن كوبرنيكوس، ولوكيلة أعمالي، السيدة سوزان جولوم؛ لكونها صاحبة الفضل في ظهور هذا المشروع إلى النور من الأساس. كما أتوجه بالشكر إلى مساعدة سوزان، السيدة كيم جولدشتاين؛ لتخفيفها الكثير من أعبائي الإجرائية بذكائها وروحها المرحة وإتقانها لمهنتها. إنني أُقبِّل يديها تقديرًا لها. أما السيدة ماري إن بابكوك، التي تولَّت تنقيح ومراجعة نص الكتاب، فقد أنقذتني في أدب خلوق من نفسي في مناسبات عدة. وأنجز السيد أدريان كيتزينجر عملًا رائعًا يتمثَّل في مراجعة وتنقيح الرسوم التوضيحية لكتابي، وكذلك أجرى د. ينسن بعض المراجعات القيمة. وكانت السيدة ليزلي دوفريز مصدر تحفيزي لمجال علم الفلك. كذلك أود أن أشكر السيد جون ديكير على رفقته الطيبة وتنقُّله معي بالسيارة خلال جولاتي الاستكشافية داخل المكتبات بحثًا عن كل ما يتصل بكوبرنيكوس.

لو أننا صنعنا نموذجًا كبيرًا بما يكفي لمجرَّتنا بحيث يغطي قارة أمريكا الشمالية، لما زاد حجم كوكب الأرض فيه عن جزيء كبير الحجم.

ويليام تي هارتمان (١٩٨٢)

هذا الكتاب واحدٌ من سلسلة كتب عن العلم، أَلَّفها في الغالب أناسٌ ليسوا بعلماء. وفي حالتي أنا، فإن المحصلة كانت تدريبًا تعليميًّا ذاتيًّا في الشرح المطوَّل لموضوع يقع فيما وراء تخصصي الفكري بقدر طفيف. ولحسن الحظ أن جاء واحدٌ من علماء الفلك لينقذني من نفسي. صفحة ٨٦ من المخطوطة: «هذا غير صحيح للأسف.» والصفحة ١١٠ من المخطوطة: «اكتشفت أن هذه الحجة يصعب اتباعها» (الترجمة: «هذا غير صحيح للأسف»). فإذا كان عملي هذا صار الآن أصدق وأكثر توفيقًا من ذي قبل، فإنَّ عليَّ أن أتوجَّه بالشكر لدكتور إريك ينسن من أجل ذلك.

# ملاحظات

في هذا الكتاب، يُقصَد بكلمة «الأرض» ذلك الكوكب الذي نعيش على سطحه، في حين أن التراب واحدٌ من العناصر الكلاسيكية الأربعة. ولتحقيق اتساق المصطلحات أجريتُ تعديلًا في النصوص المقتبسة بحيث تعكس ذلك الاستخدام.

بعد شيءٍ من التردد، قررتُ استخدام تعبيرات «كرة النجوم الثابتة»، و«فلك الشمس الكروي»، وغير ذلك في صيغة عناوين؛ لأني أريد التأكيد على أن معظم أبطال كتابنا آمنوا بأن تلك الأماكن حقيقية، أو — على أقل تقدير — بأنها مناطق محددة تقع على أبعاد محددة من كوكب الأرض. وهذه الأسماء ليست واردة بتلك الصيغة المعنونة في المصادر الأصلية الواردة بها، التي هي بدورها، على أي حال، مترجمة عن نصوص أصلية كُتبت باللغتين الإغريقية واللاتينية.

كلمة «عالَم» المستخدمة كثيرًا في كتابات كوبرنيكوس وبطليموس وأوجستين ورفاقهم تعني الكون الذي توجد فيه الأرض (أوجستين: «باسم السماء والأرض» تعني «عمومًا وبإيجاز سائر هذا العالم المرئي»). في أحوال نادرة عندما أرغب في استعمال كلمة «عالَم» بمعنى «كوكبنا» أو «كوكب الأرض»، أفعل ذلك على النحو المعتاد منك ومني، دون علامات تنصيص، وتكون الكلمة عادةً مصحوبة بما يُذكِّر بمعناها القديم. وكلما أمكن، تجنبتُ كلا المعنيين لكلمة «عالم».

# لماذا يصرخ الكون

علا الصدأُ الآن علومَ القرن السادس عشر تمامًا مثلما حدث لِفضة القرن السادس عشر. حسنًا، جميع المفاهيم التي عفَّى عليها الزمن كانت ذات يوم موضع إجلال؛ فلا بد أن يُخصَّص لها موضعٌ في متحف الأفكار! وقد يصل الأمر إلى أننا لو تسامحنا بنيَّة طيبة مع كونها في غير محلها على الإطلاق، مع فرزها وصقلها، فإن حفنة منها قد تشكِّل جوهرة في تاج ذخيرتنا المعرفية. ولكن ماذا لو كان الصدأ أصابها من البداية؟ لم تُعرَض الطبعة الأولى من كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» للبيع مطلقًا؛ وهناك فلكيٌّ من الفاتيكان يسعده إبلاغنا بأنه بعد خمسين عامًا فقط على ظهوره، «جاءت عمليات الرصد المتطورة التي أجراها تيكو براهي لتبطل جداوله ... عند هذه النقطة، كان بحث كوبرنيكوس يُعَدُّ في نظر معظم الفلكيين أفكارًا عفَّى عليها الزمن.»

إنه ذلك العالِم البولندي المولد الذي أوقف الشمس وحرَّك الأرض.

لكنه في الحقيقة لم يفعل ذلك؛ ليس بالضبط؛ ولا كان أول من جزم بمركزية الشمس بالنسبة لمجموعتها؛ ولا كانت رسومه التخطيطية السماوية — حسبما تكرَّم ذلك الفلكي الفاتيكاني بتذكيرنا — تامة الإتقان؛ فلقد استمرت مسيرة العلم من بعده مثلما تفعل دائمًا. وجاء كبلر ليشوِّه الأُطُر الدورانية لكون كوبرنيكوس الذي لم تعد الأرض مركزًا له؛ ليجعل منها أشكالًا ظلَّت مع ذلك أقل بهجة؛ وجاء نيوتن ليجرف أمامه الحسابات الهندسية المتحذلقة نصف الواقعية، مستعيضًا عنها بـ «قواعد» ذات قدرة هائلة. وعلا الغبار المبادئ الكوبرنيكية. يمكنك أن تعتبر كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» بمنزلة مثال مجسد على فناء الجهد الإنساني؛ فكوبرنيكوس يقول لك من خلال أشكاله البيانية

وزواياه: «كم هي عظيمة الدوائر الفلكية لزحل والمشتري والمريخ.» غير أن زحل والمشتري والمريخ تأبى الحركة في أفلاك دائرية.

فلماذا إذن نقلِّب في صفحات كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» المليئة بالأحابيل الرياضية المتشابكة؟

إن «القانون الأول لنيوتن»، الذي جاء بعد مرور ردح طويل من الزمان من وفاة كوبرنيكوس نفسه، نصُّه كالتالي: «تستمر حالة القصور الذاتي للحركة أو للسكون على حالها ما لم تأتِ قوةٌ لتغيِّر الموقف.» لقد غيَّر جهد كوبرنيكوس المنفرد حالة القصور الذاتي التي اتسم بها العالم — ذلك القصور المتسم بالحركة وفق التفكير السائد في زمانه والمتسم بالسكون وفق تفكيرنا الحالي — وذلك لأن القصور الذاتي يمضي بلا هوادة. إننا لا نفوق في حكمتنا اليوم حكمة مواطن أوروبي عاش في القرن السادس عشر، ولا نحن أكثر استقامةً في سلوكياتنا منه، ولا أكثر قدرةً منه على أن نثبت لأنفسنا معمار الكون الذي يدَّعي العلم أنه يعكس وجوهه المختلفة. إننا نعلم أن المريخ يدور حول الشمس؛ لأننا شاهدنا صورًا له توضِّحه أثناء قيامه بذلك. في زمن كوبرنيكوس، كانت معلوماتنا أن المريخ يدور حول الأرض؛ لأن بطليموس وأرسطو أثبتا لنا ذلك؛ فقد كان أرسطو هو كوبرنيكوس عصره. لقد فرض أرسطو فكره على العالم، مغيرًا حالة القصور الذاتي السائد في العصور الغابرة. لماذا كان ظلُّ الأرض على سطح القمر دائريًّا على الدوام في كل خسوف قمري؟ وفي سعيه لحل تلك المسألة، صار أرسطو واحدًا من أوائل المنادين بكروية الأرض؛ فبرصده الدءوب، وتفكُّره الذي قاده إلى نظرية معقدة في الميكانيكا الفيزيائية، وجمعه الطموح بين علوم الفلك والرياضيات والفلسفة والدين، حقَّق أرسطو خلال عمره ما يفوق قدرة أي شخص على تحقيقه، ثم توفي، ليُهيمن إرثُهُ المبجل على العالم من بعده.

يقول أتباع مدرسة يونج إن «الرموز الجماعية للذات ... تبلى. الديانات والقناعات والحقائق، جميعها تبلغ طور الشيخوخة ... ولكن إذا كانت القيم العليا تبلى، وإذا كانت تفقد قداستها التي تجعلنا نخشع أمامها، فإن من الطبيعي أن يكون هذا هو الخطر الأعظم.» كان كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» خطيرًا للغاية في عصره؛ ومن ثم كانت الدنيا في أمسِّ الحاجة إليه.

عندما نشر كوبرنيكوس كتابه أخيرًا عام ١٥٤٣ (يقولون إن نسخةً منه وُضعت بين يديه أثناء احتضاره) كان الكون الأوروبي قد دخل منذ عهد بعيد في طور التعفُّن، وكان قصور تماسكه الذاتي مصونًا بواسطة قوتين اثنتين: علم الفلك الكلاسيكي والكتب

المقدسة. إن التعرف عليهما يزيد من تقديرنا لإنجاز كوبرنيكوس، وهو ما يفسر تخصيص فصول كاملة لكلٍّ من هاتين القوتين في هذا الكتاب. وتبدو حياة الرجل ذاته عبارة عن اهتمام مزخرف أوحد بدراسة كيف أحدث كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» ثورةً، لكنني سوف أحاول منحه ما يستحقه بوصفه إنسانًا، مُقِرًّا بأننا لا نعلم سوى القليل عن طبائعه وعن الظروف المقيدة التي أحاطت به والتي تغلَّب عليها (أو لم يستطع التغلب عليها).

حسبما يؤكد عنوان كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، أزاح الكتاب الأرض عن عرش مركز الكون؛ وصوَّر مدارات كواكب المجموعة الشمسية في هيئة أكثر دقة؛ وبيَّن شدة القوة المطلوبة لإتمام كلتا المهمَّتين؛ وهي قوة كانت وحداتها مكونة من زوايا واستدلالات وسنوات من العزلة وعمليات جمع وطرح وشروح وبدايات خاطئة وثمانية وأربعين فلكًا تدويريًّا لمسارات الكواكب الخمسة المعلومة وقتها، وكانت الثمانية والأربعون كلها خطأً؛ لأنه باستثناء فلك القمر حسبما يزعم البعض، ليس هناك وجودٌ لأفلاك تدوير!

تتألَّف قوة كوبرنيكوس من عبارات تبدأ بـ «بما أن» وتنتهي بـ «إذن»، ميول زاوية وانحرافات، أُبطِل الكثير والكثير منها الآن. وتمامًا مثلما تمتد الدوائر المتحدة المركز داخل أحد الأشكال (الدائرة المركزية فيه تسمى «الشمس») لتتجاوز الهامش الأيسر لمخطوطه المكتوب بأسلوب منمق رائع، يبدو وكأن مَن خطَّه خطاطٌ محترف، يمتد نجاح كوبرنيكوس بما يتجاوز حدود عمله الشاق المتأني وأخطاءه ومعرفته ومعرفتنا. إنه يجزم بدوران كوكبنا حول محوره؛ سواءٌ أصدَّقته أم لم تصدقه، وتمتد استنتاجاته لتتجاوز حدود براهينها. وكان على العالَم أن ينتظر حتى عام ١٨٥١ — أي بعد مرور ٣٠٨ أعوام من نشر كتابه ووفاته — عندما أثبت بندول فوكو نظريات كوبرنيكوس بالتجربة العملية. وهو يصرُّ على أن الأرض تدور حول الشمس؛ وسوف يثبت إف دبليو بيسيل ذلك عام ١٨٣٨، لكن أولًا كان على القصور الذاتي أن ينال ما يستحقه: إذ حُرِقَ جوردانو برونو حيًّا باسم المسيح الرحيم؛ وتنكَّر جاليليو لأرضنا الدوارة وعاش سجين كذبة. بدأ كون ما قبل كوبرنيكوس يموت، كما ترى؛ لهذا فهو يقاوم من أجل البقاء على قيد الحياة، ليسحق مهاجميه تحت أفلاكه الدوامية. أما بالنسبة لكوبرنيكوس، فقد كان منطقه أن: «مشكلتنا في إيجاد القوس «و ج» الذي يمثِّل نصف مسافة التقهقر، أو البُعد «أ ب و»؛ وبهذا يمكننا أن نعرف مقدار المسافة التي تفصل الكوكب عن أبعد موضع له، عن «أ» التي يصير عندها ثابتًا …» وبهذه الطريقة ألغى فكرة محورية الأرض وبدأ يجعلها تدور،

بكثير من الصبر وبالعديد من الأخطاء. إنه يديرها وكأنها رصاصة تنطلق من بندقية ويطلقها في الظلام، نحو هدف مجهول مقدس. ثم يعثر على القوس «و ج»، كي يصيب الكون العتيق المثالي بجرح آخر أليم جعله يصرخ.

# شروح: مقدمة أوزياندر والكتاب الأول، الأجزاء ١–٤

يستهل كوبرنيكوس رسالته البحثية العظيمة بالتبرير التقليدي التالي لعلم الفلك: «ما الذي يمكن أن يكون أكثر جمالًا من السماء وهي تضم كل تلك الأشياء الجميلة؟» هذا الجمال أفلاطوني: إنه يسمو بعقولنا من قاع الرذيلة إلى ذروة الفضيلة، وسوف يجعلنا بفضل الدهشة التي يصنعها بداخلنا بتفاصيله المعقدة، نتأمل صنع الخالق. لو كنتَ تعتبر هذه الفكرة من قبيل التصوير الهزلي، فلعلك تعبد أهم معبود لنا في زماننا؛ ذلك الذي يسميه ماركس «رابطة المال». أما معبود حقبة كوبرنيكوس فكان شيئًا مختلفًا. حقيقة الأمر أنه حتى وقت متأخر مثل العصر الفيكتوري نجد عالم الفلك السير جون هيرشل ينصحنا بأن نرخي قبضتنا الممسكة بالمفاهيم الخاطئة نظريًّا ومنطقيًّا؛ «فهذا أول طريق بلوغ حالة من الصفاء الذهني الذي يمكنه وحده تأهيلنا لإدراك كامل ومستقر للجمال المعنوي، وكذلك للتأقلم المادي.» وما كان بالنسبة لهيرشل تجردًا أنجليكانيًّا بالتأكيد، كان في زمن كوبرنيكوس في قلب الحماس الكاثوليكي تجاه التفسيرات الحرفية. فعلى حدِّ علم كلِّ مَن كان ينتمي لتلك الأيام، «كانت» السماوات حقيقةً أكثر نقاءً وأكثر خلودًا وأقل فسادًا من «الواقع الدنيوي»، منطقة الحياة الزائلة العفنة. كانت السماء هي الموضع الذي يعلونا، ومنه يحكم الرب الكون. في مثل ظروف كتلك، كيف يمكن لعلم الفلك ألا يكون شكلًا من أشكال التأمل الروحاني؟

## كان فيما مضى، تحت شمس لم تشوِّه البقعُ وجهها

رغم المديح الرصين الذي أسداه كوبرنيكوس لأفلاطون في مقدمته — حيث كان يسعى إلى تبرير ابتكاره الذي كان يخشى أن يثير الكثير من المشكلات عن طريق المبالغة في إثبات أصالته — تظلُّ آراء كوبرنيكوس مخالفة لآراء أفلاطون. لقد كتب يقول: «إن الفلك الكروي، بدورانه في دائرة، يعبِّر بذلك التصرف تحديدًا عن شكله.» بالنسبة لنا لا تحمل تلك العبارة الكثير من المنطق؛ ففي تلك العصور الغابرة كان الأمر ينتهي بالعلم والفلسفة والدين إلى حالة من الجدل فيما بينها، مما يجعل الإشارات الدالة على انسجامها معًا لا تستثير حتى الحزن. غير أن التحالف العتيق بين ثلاثتها، الذي بذل كوبرنيكوس قصارى جهده من أجل تفكيك عُراه، كان لا يزال ساريًا حتى بلوغ عصر نيوتن. لقد توصلت دراسة بحثية أجراها أحد الباحثين عن تطور الميكانيكا الفيزيائية إلى الاستنتاج التالي: «من غير المجدي أن ننكر وجود قوًى ميتافيزيقية لدى خالقي الدينامية؛ تلك القوى السابقة على هذا العلم ذاته، أو ببساطة التي تتصل به. لم يكن لمؤلفي القرن السابع عشر التقليديين أن ينأوا بأنفسهم عن تلك الضرورة، أو بالأحرى، تلك العبودية.» وخلال القرن الذي ظهر فيه كوبرنيكوس؛ أي القرن السادس عشر، ظلت تلك الضرورة نفسها أمرًا لا غنى عنه، مثله مثل مبدأ مركزية الأرض للكون في حد ذاته.

بإيجاز، كان أفلاطون يؤمن بالأشكال المثالية الثابتة؛ أما نحن فإننا نؤمن بنفس المقدار على الأقل بالعشوائية الاعتباطية التي تفتقر إلى التناغم. لماذا مثلًا كان أحد قمرَي كوكب المريخ أكثر امتلاءً بالأخاديد والفوهات من الآخر؟ ولماذا نجدهما على شكل إهليلجي ثلاثي المحاور لا على هيئة كروية كسائر الأجرام السماوية؟ إننا نؤمن بعدم «وجود» سبب! صارت الصور المتواترة مع المزيد والمزيد من التفاصيل لهذين القمرين — فوبوس وديموس — متاحة لنا بمرور الزمن، والفضل في هذا يعود أولًا وقبل كل شيء إلى ابتكارٍ ظهر في العالم بعد عدة عقود من رحيل كوبرنيكوس عنه: التليسكوب (١٦١٠). وفجأةً وعلى حين غرة، صار من الممكن تبيُّن تفاصيل الحفر أو الفوهات القمرية والبقع الشمسية وغيرها من التداعيات الدالة على اللامثالية السماوية. وواصل فوبوس وديموس الدوران في فلكيهما حول المريخ دون أن يكتشفهما أحدٌ حتى عام ١٨٧٧؛ أي بعد طبع كتاب

«عن دورات الأجرام السماوية» بنحو ثلث ألفية كامل. وبينما نحن نفكر في الإنجاز الذي حقَّقه هذا الكتاب، قد يكون لزامًا علينا أن نذكِّر أنفسنا، مرارًا، أنه في عصر كوبرنيكوس، كانت النجوم والكواكب مجرد نقاط مضيئة، قد تتغيَّر ألوانها ودرجة سطوعها، ومن الممكن التنبؤ بموضعها في القبة السماوية، ليس بدقة تامة — فلقد حسَّن كوبرنيكوس هذا الوضع بقدر طفيف — لكنها ظلت أشياء سماوية بما يفوق المعنى الحرفي للكلمة: فلا يمكن معرفة كنهها خلا حالات وجودها أو غيابها؛ ومن ثم فهي شبه عصية على المعرفة. من أيِّ شيءٍ صُنعت؟ شيء سماوي دون شك، ولعله إلهي. انظر كيف تتوهج! إنها تشرق منذ آلاف السنين، على حضارات اليونان وروما ومصر وبابل؛ ومن ثم فإن الحس السليم يقتضي عدم تغيُّرها، وهو ما زاد من انعزالها عن دنيا الفساد والوحشية والغرور الزائف. فكيف لا تكون عالمًا سماويًّا علويًّا؟

من السهل الآن السخرية من الحس السليم الذي كان سائدًا في القرن السادس عشر! غير أنه من منظور البراجماتية المحلية الذي خدمه الحس السليم، فإنه ظلَّ ملائمًا تمامًا. وفضلًا عن ذلك، وكما سنرى مرارًا وتكرارًا، فقد عمل التوق إلى النظام على تقوية المنطق الخاص به، وعمل ذلك المنطق بدوره على تقوية ذلك التوق. إن الرغبة في وجود أي روح مدبِّرة تتوقع مسبقًا الخير والشر السائدَيْن في تلك الأيام، وتُكثِر إن أمكن من الأول وتُنقِص من الثاني، جعلت علم التنجيم مبعث راحةٍ، حتى إنه لقرون طويلة ما كنا نتحمل الحرمان منه.

## أصل المقدمة

نتساءل مجددًا إذن: «ما الذي من الممكن أن يكون أكثر جمالًا من السماء وهي تضم كل تلك الأشياء الجميلة؟» انطلاقًا من هذا السؤال جاءت أعمال أفلاطون وكوبرنيكوس وهيرشل.

بدأتُ كتابي هذا بملحوظة قلت فيها ما معناه إن أي عدد من المفاهيم التي عفَّى عليها الزمن من الممكن صقلها كي تلمع من جديد فتصير كنوزًا لحقبة تالية. ربما كانت فكرة المقدمة التي تقول إن مسارًا معينًا من الدراسة الشديدة العمق من الممكن أن يدفع بنا نحو السماء؛ واحدةً من تلك الجواهر. تخيَّل كيف كان لحياتنا أن تتغير لو أننا

اعتنقنا هذه الفكرة بجدية! كم من الأشخاص الذين تعرفهم اختار مهنته كي يحقق هدفًا صريحًا؛ ألا وهو فهم مسألة الكمال؟ (التقيت بعضًا منهم: فنانين، ومسلمين متدينين، وعشَّاقًا في سن المراهقة.) أَمَا كان للكمال أن يصبح أكثر تجسدًا على الأرض لو أن عددًا أكثر منا كرَّس حياته من أجله؟ ويقول أحد البابوات في نفس المعنى: «وفقًا للقديس ديونيسوس، فإن من شأن قانون الألوهية أن يأخذ بيد الأدنى شأنًا ليصل إلى المرتبة الوسطى ثم يرتقي إلى المعالي.»

غير أنني أبدأ الآن في التساؤل عما إذا كان ذلك المفهوم الذى عفَّى عليه الزمن قد ألقى «يومًا» ضوءًا عمَّ رقعةً واسعة من الأرض! كم عدد الفلاحين في زمن كوبرنيكوس الذين كانوا من الممكن أن يعتبروا كدَّهم في أراضيهم أي شيء آخر غير العناء؟ (فرنسا، ١٤٨٣: «على العامل الفقير أن يسدِّد أجور أولئك الذين يوسعونه ضربًا ويطردونه من الكوخ الذي يأويه …» ألمانيا، ١٤٨٠: جامعو فضلات الحصاد الذين استبدَّ بهم اليأس يبيعون أنفسهم في سوق الخدم. وُلِد كوبرنيكوس عام ١٤٧٣، في بولندا التي كانت الأحوال فيها مشابهة لما يجري في البلدين المذكورين.) أي أمل كان يمتلكه أولئك التعساء للارتقاء من حياة البؤس الدنيوي نحو حكمة السماء؟

ثمة مهنة بذلت بالفعل قصارى جهدها للارتقاء بالمستوى الإنساني: مهنة محاربي المهرطقين. وقتها، مثلما هي الحال الآن، ظلوا مؤمنين بالجمال والكمال حسبما يرونهما، وهو مبرر لترك الجمال والكمال في ركنهما المصون.

للأسف، لا يمكن حذف محاربي المهرطقين من قصة كوبرنيكوس.

في حقيقة الأمر، لا بد أن لهم ولو دورًا جزئيًّا في تبرير التحايل في مقدمة كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» على يد بروتستانتي حسن النية يُدعى أندرياس أوزياندر، الذي سعى لتلطيف حدة أسلوب الكتاب، ليس فقط بتبريرات لرفعة شأنه، بل أيضًا بتطمينات بخصوص عدم صلته بالواقع: لا داعي للقلق؛ فالشمس لا تدور حقًّا حول الأرض؛ فقط من الملائم رياضيًّا أن نتصور ذلك!

كانت المقدمة التي كتبها أوزياندر مفاجئة ومثيرة لسخط كوبرنيكوس، ولعلها بالفعل تسبَّبت في إصابته بسكتة دماغية قاتلة. يقال إن الإضافة البطلمية المطمئنة لتعبير «الأجرام السماوية» إلى عنوان كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» كانت أيضًا من صنع

أوزياندر، مع أنني لا أرى أي مبرر لافتراض ذلك؛ إذ إن الأجرام السماوية مذكورة في العديد من المواضع بالكتاب. على أي الأحوال، فإن المقدمة تتعارض بتلطُّف مع آراء مؤلف الكتاب، مع أنه كان يعتبر نظريته بحقٍّ أكثر من مجرد مواءمة رياضية عملية. وقد توصل أحد مؤرخي العلوم إلى أن «مقدمة أوزياندر حافظت على الغموض، على سبيل الاحتياط دون ريب، إلا أن تلك الحيطة لم تَحُل دون إثارة لعنات علماء اللاهوت فيما بعد، غير أنها مع ذلك، لم تكن دون فائدة في عملية نشر المبدأ.» بعبارة أخرى، تسبَّبت المقدمة في أن يتوفى كوبرنيكوس على فراشه، لا حرقًا على خازوق.

سوف نقيِّم لاحقًا إلى أي مدًى، وبأي قدر من الوعي، وبأي مبررات كان بصدد تعريض نفسه للخطر لو أنه نشر الكتاب، ولكن الآن دعونا نَعُد إلى بحثه، ومن الآن وصاعدًا سوف نستمع إلى صوته هو، لا صوت أوزياندر.

## الكتاب الأول، الجزء ١: ما يصح إلا الصحيح

يقول كوبرنيكوس: «العالم كروي.» ويكشف السياق أنه يقصد من وراء هذه العبارة ليس كوكب الأرض الذي نعيش عليه، بل عالمًا أكبر من ذلك يشمل الشمس والقمر والنجوم. «إنه كرويٌّ؛ لأن هذا هو أكثر الأشكال قربًا من الكمال.» لأنه يحوي أعظم حجم؛ لأن «كل شيء في العالم يتجه نحو التحدد في هذا الشكل، مثلما يتضح في حالة قطرات المياه وغيرها من الأجسام السائلة، عندما تتحدد ذاتيًّا.» ثم يمضي على نفس الوتيرة، موظفًا تبريرات عتيقة من قبيل «مثالي» و«ملائم»، ثم يؤكد على دفاعه عن كروية الكون بالتشبيه الآتي: «وما من أحد يتردد في القول بأن هذا الشكل ينتسب إلى الأجرام السماوية.»

ومن جديد، لنتأمل فوبوس: شظية عظمية بالية ومتعرِّجة منقورة ببثور أشبه ببثور الجدري تدور في الظلام. أو لنتأمل قمرنا كمثال، وهو وفق دليل «كامبريدج المصور للكواكب»: «غير متناسق الشكل إلى حد بعيد.»

نحن تجريبيون، على الأقل في مجال العلم، أما بالنسبة لمعاصري كوبرنيكوس، فإن الحدود الضيقة للمشاهدة كانت رحيمة ومتسامحة مع نظرياتهم، حتى إنه كان في استطاعتهم أن يكونوا تجريبيين ذهنيين فخورين بأنفسهم. وبعد كوبرنيكوس، جاء هؤلاء الذين أبوا النظر في تليسكوب جاليليو؛ لأنه أيًّا كان ما سيُظهره لهم يستحيل أن تكون له قيمة (مثلما بدأتَ تظن فإن التليسكوب بطل آخر من أبطالنا؛ فهو يقبع في خبثٍ خلف ستار المستقبل الأسود، وبين الحين والآخر تُلقي عدسته الضوء على قصة

كوبرنيكوس؛ ليسحق في طريقه أحبولة جديدة موثوقًا فيها من أحابيل الكون العتيق). لقد أبى كوبرنيكوس نفسه السماح للعقلانية، ذلك المؤكسد الخطير، بمحو ما كان عزيزًا إلى قلبه. وفيما يتعلق بالنزعة التجريبية، تجدر الإشارة إلى أنه خلال السنوات العديدة التي عكف كوبرنيكوس خلالها على تأليف كتابه «عن دورات الأجرام السماوية»، لم يُجرِ كوبرنيكوس سوى نحو ٢٧ عملية رصد سماوي موثَّقة. هذا رقم كبير للغاية من حيث الكم (أو كما نقول بلغة اليوم، بالنسبة للتجارب التي يمكن تكرارها بنتائج مطابقة). ومن حيث الكيف، برهن كوبرنيكوس على أنه مهلهل بنفس القدر. كان مثلثه الهندسي الخشبي (الذي كان في الأساس عبارة عن عصًا مدرجة) يعطيه نتائج فشلت دقتها في تجاوز نطاق الدرجات العشر. تساءل أحد مساعديه، الشاب ريتيكوس، عن سبب تكبُّده المشقة بعدم لجوئه لاستخدام الدوائر المصنوعة من الصلب التي تأتي من نورنبرج، والتي كان من الممكن أن تحقِّق له دقة في القياسات في نطاق أربع درجات إذا حالفه الحظ، وكان متأنيًا في استخدامها. فأجابه قائلًا: «لو أنني تمكَّنت من إجراء حساباتي بحيث تتفق نتائجها مع الحقيقة في نطاق خطأ لا يزيد على عشر درجات، لوجب عليَّ أن أطير فرحًا مثلما فعل فيثاغورس بالتأكيد عقب اكتشافه لقاعدته الشهيرة.»

كان هذا هو كوبرنيكوس بالنسبة لك؛ فهو لم يطلب — مثلما يقول المثل — أن يسقط القمر في حجره؛ إذ لم يكن في حاجة لذلك؛ فهو يعلم بالفعل طبيعته: كرويٌّ الشكل، ليس به فوهات، مثاليٌّ إلى الأبد. فما يصح إلا الصحيح.

تتخلَّل كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» تلك الروح، التي لن تزداد سوى غرابة في أعيننا كلما تعمَّقنا في معرفتها. في أغلب النواحي، لم يكن كوبرنيكوس كوبرنيكيًّا على الإطلاق، وإنما كان بطلميًّا وفيًّا. فيما يتعلق بحقائق معينة مسببة للضيق تتعارض مع الأفلاك الدائرية للأجرام السماوية، علَّق بقوله إنه «بما أن العقل يرتعد» من الاحتمال الذي تعبِّر عنه تلك الحقائق، فلا بد من تأييد فكرة الدورانية، وهو ما فعله ولكن بأسلوب ينطوي على تحايل.

أليس ذلك مع كلٍّ هو الطريقة التي تسير بها الأمور؟ فالعالِم يُفترض به أن يتبع مشاهداته أينما قادته، مغيِّرًا من أحكامه تبعًا لها. كثيرًا ما كان كوبرنيكوس يعيش وفقًا لهذا المبدأ، لا سيما الآن وقد صارت الأصالة (أو صورتها الزائفة) هي التي تحظى

بالتوقير. ولكن هل يتصرف هو بالضرورة على هذا النحو في أمور الاعتقاد والسياسة أو حتى في ميدان عمله، لو أن قيامه بذلك كان من شأنه أن يستعدي أقرانه عليه؟ كما سنرى، لقد ناصبت النظرية الكوبرنيكية كل تلك الميادين العداء؛ ومن ثم كانت معاناته.

حول الموضوع الأكبر، موضوع «ما يصح عمله»، دعونا نذكر أنفسنا بأن الغرض من التنظير هو تحويل العشوائية الإدراكية للواقع إلى أنماط. فالدائرة التامة الاستدارة تتميز من حيث الجمال والأناقة والبساطة الرياضية.

لقد اكتشف علماء النفس أننا نميل أكثر إلى تذكُّر الأشكال الشبيهة بالدوائر باعتبارها مغلقة ومكتملة؛ سواء أكانت كذلك بالفعل أو لم تكن. وبمجرد تقبُّلنا لدائرةٍ ما باعتبارها النمط الخاص بنا، فإن «العقل يرتعد» من فكرة التخلي عنها، حتى لو كان ذلك على أسس ضرورية مؤسفة قائمة على أنها أخفقت في نمذجة الواقع.

يعلق توماس كُون على كبلر، الذي شيَّد صرحًا رياضيًّا غامضًا على أساس من الهندسة الكوبرنيكية، بقوله: «اليوم يبدو هذا الاعتقاد القوي في التناغمات الرقمية غريبًا، غير أن هذا الأمر ربما كان من بين أسبابه أن العلماء اليوم متأهِّبون لاعتبار تلك التناغمات أكثر غموضًا.» ربما كان في استطاعة أي مرحلة من مراحل العلم إبداء تلك الملحوظة تعليقًا على ماضيها.

في إيجاز، يبدأ كوبرنيكوس بحثه العلمي بما يمكن أن نعتبره اليوم فرضًا جدليًّا خاطئًا. الكون تام الاستدارة؛ لأن هذا ما ينبغي أن يكون. (ما الشكل الفعلي للكون؟ لا تسألني. سوف أحيلك إلى جيه دي نورث، الذي قال عام ١٩٦٥: «من السهل أن نتحدث عن اللامحدود ... ولكن ... من الصعب أن نتكلم عنه كلامًا ذا معنًى».)

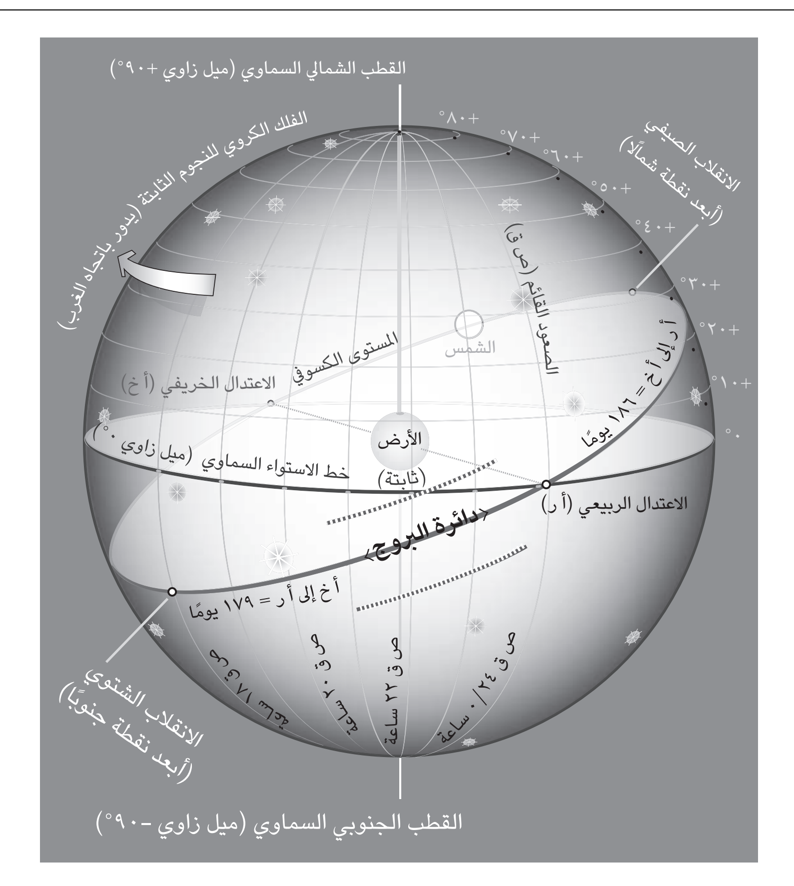
## المحدودية الكروية

برغم ما ذكره جيه دي نورث، فإن كون كوبرنيكوس ليس كونًا لا محدودًا على الإطلاق. وفي هذا الصدد يظل هو كون بطليموس؛ لأنه يمتلك شكلًا محددًا (هو الشكل الكروي)، فهو موجود في إطار حد معين؛ وهو يصل إلى نهاية ما.

وحتى الآن، يرى البحارة والملاحون أنه من الملائم لهم التحدث عن «الكرة السماوية» التي تدور من فوق رءوسنا كل أربع وعشرين ساعة. ويتقدم أحد علماء حساب المثلثات

في أواسط القرن العشرين بتلك النصيحة: «تلك الكرة، التي لها نصف قطر غير محدود ولكن مركزها يقع عند مركز الأرض، مفيدةٌ في حل مشكلات معينة في الفلك والملاحة.» أما حسب رأي كوبرنيكوس ومن سبقوه، فإن تلك الكرة، التي نصف قطرها لم يكن غير محدود على الإطلاق، وإنما ببساطة لم يتحدد بعد إلى يومنا هذا، تتكوَّن من كرات فرعية مستقلة بذاتها، واحدة للقمر، أما الأخريات فللكواكب المختلفة. ثمة فارق جوهري بين المنظومتين الكوبرنيكية والبطلمية؛ وهو أنه في الأولى يوجد للأرض أيضًا كرة، وهي تساهم في تلك الدورات المركزية حول نقطة قريبة جدًّا من الشمس، بينما في الأخرى توجد الشمس داخل نطاق كرة تسهم في الدوران الكوني حول أرض لا تتحرك. وفي كلٍّ من الحالتين، تقع «كرة النجوم الثابتة» من وراء الكرات الكوكبية، حيث تقبع جميع الأبراج الفلكية. في كون بطليموس تدور جميعها في تناغم معًا، لتصنع دائرة واحدة تتجه غربًا كل أربع وعشرين ساعة في الوقت الذي تتأرجح فيه في آنٍ واحد باتجاه الشرق بمعدل أكثر تمهلًا مقداره درجة واحدة كل قرن من الزمان. أما بالنسبة لكوبرنيكوس، فقد قال: «من بين مبادئنا وفروضنا الجدلية افترضنا من قبل أن «كرة النجوم الثابتة»، التي تنتسب إليها جميع الكواكب السيارة على قدم المساواة، ثابتةٌ تمامًا.» في كلتا الحالين، تُعَدُّ كرة النجوم الثابتة حدًّا نهائيًّا يضم داخله جميع المخلوقات.

لماذا لا يمكن أن يكون هناك فضاءٌ خاوٍ واقعٌ فيما وراء الكون؟ يصرُّ أرسطو على أنه لما كانت الطبيعة «تمقت الفراغ مقتًا شديدًا» فإنها لا يمكن أبدًا أن «تكون» فراغًا؛ وقد خلا عصره من جهاز ميكانيكي يمكنه صنع فراغ. ولما كانت الفراغات أمورًا مستحيلة، فإن من وراء كرة النجوم الثابتة ليس هناك فضاءٌ خاوٍ، وإنما ببساطة «العدم». من الممكن بطبيعة الحال أن نكتشف فيما بعد حركات سماوية أخرى تتطلب منا افتراض وجود المزيد من الكرات — ومثالًا لذلك، يطرح العديد من المؤيدين المخلصين للفكر البطلمي إضافة كرة بطيئة الدوران تبرر الحركة المسماة فلكيًّا «المبادرة»، التي سوف نذكرها في موضع لاحق، ولكن أيًّا كانت الطريقة التي سننظم بها كوننا، فإن واحدةً من تلك الكرات يجب أن تشكل الإطار الخارجي المحيط بالكون، أما الآن فدعونا نغادر هذا الطرح متجهين نحو «كرة النجوم الثابتة».




**شكل ١:** موقعنا: منظر بطلمي (لا يزال مستخدمًا إلى الآن).

تبدو النجوم وهي تدور باتجاه الغرب حول الأقطاب السماوية. الميل الزاوي = إسقاط دائرة العرض الأرضي، بالدرجات (°). الصعود القائم = إسقاط خط الطول الأرضي، بالساعات.

يا من تؤمنون بكون عتيق مثالي، أطرحُ عليكم هذا السؤال: هل كرة النجوم الثابتة كيان واقعي أم أنها مجرد مواءمة نظرية؟ في أيام أرسطو قدمت الكرات (أو لعلِّي أقول الأصداف؛ إذ إنه لكي يدفع بعضها بعضًا وتمحو أي فراغات فيما بينها كان من اللازم أن تكون ذات سمك غليظ كافٍ لاحتواء الكواكب والفضاءات الواقعة فيما بينها) بالفعل

توقعات لواقعها المادي الخاص بها؛ في حين أنه بعد مرور خمسة قرون من زمنه، في عصر بطليموس، جاءت لتكون بمنزلة نماذج من أجل تسجيل وتتبُّع المواقع السماوية دائبة التغير. على أي الأحوال، يحثنا بطليموس على صنع نموذج «لكرة النجوم الثابتة»، ملوَّنًا بدرجة لونية «تميل إلى القتامة بحيث لا يمكن اعتبارها جو النهار، وإنما هو جو الليل الذي تظهر فيه النجوم» وقد قُسِّمت إلى دائرة «الكسوف» المقسمة إلى ٣٦٠° (سوف نشرح معنى الكسوف بعد قليل)، ثم وضعت عليها مجموعات النقاط النجمية «باللون الأصفر أو بأي لون مميز آخر»، وأيًّا كان نصف قطر تلك الكرة، والزيادات التي سيضيفها إليه الفلكيون المتعاقبون، فإن الحقيقة هي أن أي كرة تحتاج أن يكون كل نجم واقع على نفس المسافة منا. وهذه القبة ذات اللون الأزرق الداكن بلون الليل من الأجرام السماوية، أبعد شيء يمكن أن نراه، عبارة عن بناء من التناغم والانتظام والهندسة القائمة على الأمنيات.

فيما يختص بالحجم المطلق للكون يتحاشى كوبرنيكوس إلزام نفسه بشيء، ولكنه في مسألة حجمه بالنسبة لحجم كوكب الأرض، فإنه يجمع خلاصة لموقف سابقيه:

> على أي حال آمن كثيرون أن باستطاعتهم أن يبينوا عن طريق المنطق الهندسي أن الأرض تقع في مركز الكون؛ وأن لديها تناسبًا يشبه تناسب النقطة وسط السماوات الهائلة، وأنها تحتل موقعًا مركزيًّا، ولهذا السبب هي ثابتة؛ لأنه عندما يتحرك الكون، يظل المركز دون حراك، والأشياء الأقرب للمركز تكون الأبطأ في الحركة.

في كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» لن يؤمن كوبرنيكوس إلا بعقيدة واحدة فقط من هاتين، لكنها عقيدة شديد الأهمية؛ وهي بالتحديد: أن الأرض تمتلك بالنسبة والتناسب خصائص النقطة.

في القرن التاسع عشر، كتب السير جون هيرشل عن ضرورة «توسيع آفاق» أفكار المرء «حتى تستوعب عظمة» واتساع الكون الشاسع، وبعدها عندما يصبح من الضروري على المرء أن «ينكمش عائدًا من جديد إلى كرته الأصلية، فإنه يجدها بالمقارنة، مجرد نقطة؛ ضائعة — حتى بالمقارنة بالمنظومة الدقيقة الحجم التي تنتمي إليها — بحيث تكاد تكون غير مرئية ولا يرتاب فيها بعضٌ من أفرادها الأساسيين أو الأنأى.» كثيرًا ما ألقي اللوم على دورات كوبرنيكوس باعتبارها المسئولة عن هذا التغيير المحقِّر للشأن

في إدراكنا لذواتنا، لكن من الواضح أنه علينا أن نلقي ببعض من اللوم على بطليموس ورفاقه أيضًا. عندما جاء زمن كوبرنيكوس كان هذا الإدراك قد رسَّخ في الأذهان منذ ردح طويل من الزمان، واستوعبه علم اللاهوت المسيحي؛ إذ يكتب القديس أوجستين قائلًا بعد ظهور كتاب «المجسطي» لبطليموس بقرنين من الزمان: «وهكذا أنت خلقت السماوات والأرض من العدم؛ أمرٌ جلل وأمرٌ وضيع الشأن.»

ما الفارق الذي قد يكون موجودًا بين حجم كون أوجستين وكون هيرشل؟ ببساطة شديدة، مهما كانت أبعاد الأول موحية بالجمال، فإنه يصبح في حد ذاته مجرد نقطة بالنسبة للآخر، الذي لا حدود له على الإطلاق، أو يكاد يكون كذلك، حتى إن فكرة اعتبارنا محورًا له تعد مثارًا للسخرية.

في أي ساعة بالتحديد يجب أن يوضع حجر أساس بناء كنيسة جديدة؟ سَلْ المنجِّم جيدو بوناتي ولسوف ينبئك بما تقوله النجوم، حتى وإن كان دانتي قد أورده منزلته في «الجحيم». طيلة قرون العصور الوسطى، ظل كثير من اليهود يؤمنون بأن كل إنسان منا ولد خاضعًا لسيطرة نجم معين، هو — دائمًا حسب الصلاة والصدقات وغير ذلك — ما يحدد مصائرنا. في كون هيرشل، يدفعنا صغرنا المتناهي وعدم تشككنا نحو التفكير في أن معظم النجوم، تلك التي لم نَرَها مطلقًا، ليست لها أي علاقة بنا.

وفي هذا الصدد، يقف كوبرنيكوس في موضع أقرب إلى أوجستين عنه إلى هيرشل، حسبما تدل على ذلك العبارة الآتية الواردة في كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»: «لا أعلم شخصًا واحدًا يرتاب في أن سماوات النجوم الثابتة هي أعلى وأرقى جميع الموجودات المرئية.» أو مرة أخرى: «نفترض أن «أ ب» هي أعظم دائرة في الكون على المستوى الكسوفي.» إن التنبؤ بأن العظمة متواصلة في جميع الاتجاهات، إلى ما وراء أعظم دائرة وأعلى من أعلى شيء يمكننا تخيله، ومن الممكن جدًّا أن تستمر للأبد، أمرٌ خارج نطاق تفكير الكوبرنيكية فعلًا.

ومع ذلك، يعتنق كوبرنيكوس مبدأ اللاأهمية الكونية لنا قبل ظهورنا. وإليك تذكيرًا نمطيًّا من كتابه «عن دورات الأجرام السماوية»: «يبدو أكثر دقةً أن نقول إن خط استواء» كوكبنا «يميل منحرفًا على دائرة مسير الشمس، من أن نقول إن دائرة مسير الشمس، وهي دائرة أوسع، تميل على دائرة خط الاستواء، وهي الأصغر.»

## الكتاب الأول، الجزء ٢: الأرض الكروية

يواصل كوبرنيكوس كلامه قائلًا: ليس «العالَم» فقط هو الكروي، ولكن الأرض أيضًا كذلك.

(لقد سبقه بطليموس وأرسطو في القول بذلك، ثم عاد العلامة المسلم البيروني وأعاد ذكرها عام ١٠٢٥ ميلاديًّا، مستشهدًا بآيات القرآن كدليل عليها. فمن قالها أولًا؟ في رأي أناكسيماندر كان الكون كرويًّا والأرض أسطوانة بداخله؛ لأنه على هذا النحو كان في استطاعتها أن تلعب دور محور الكون. وجاء أناكسيمينيس من بعده ليستنتج أن الشمس والقمر والنجوم كانت كتلًا نارية متحجرة مصدرها أنفاس كوكبنا الأرضي؛ لا ريب أنها تجمَّدت بالتأكيد على هيئة بلُّورية. وأطاع زينوفان الحس السليم وزعم أن الأرض مسطحة تمامًا. وقرر بارمنيدس وأتباع فيثاغورس أن الأرض كروية، غير أنهم لم يقنعوا بقيتنا؛ أما ديموقريطس فأصرَّ على أنها قرص. غير أنه بحلول القرن الرابع قبل الميلاد أكد معظم الفلاسفة الإغريق — مثلما فعل كوبرنيكوس — على أن الأرض كروية داخل «عالَم» كروي.)

ونحن الآن نعلم أن الأرض في واقع الأمر أشبه بثمرة كمثرى (هكذا علموني وأنا طفل)، أو على هيئة برتقالة (هكذا وصفها هيرشل)، غير أن هذا ليس سوى خلاف تافه في المصطلحات، أو حسبما اعتبره كوبرنيكوس، تشوُّه مظهري (يقول كتاب حساب المثلثات الذي كنت أدرسه في المرحلة الثانوية، المنشور عام ١٩٥٤: «لإيجاد البعد بين نقطتين واتجاه إحدى النقطتين بالنسبة للأخرى، نفترض أن الأرض كروية ونصف قطرها ٣٩٦٠ ميلًا»). وعودة إلى ما نعلمه جميعًا: الكمال لله وحده. إن أشكال الأجرام السماوية تامة، والكرة «تفوقها جميعًا من حيث الكمال.» لا بأس. فمن العالَم المسطَّح الذي نادى به الحس السليم إلى عالَم بطليموس وكوبرنيكوس الكروي هذا تقدم هائل. وكوكبنا على أي حال، كرويٌّ، بهامش خطأ مقداره عشر درجات! «لو أنني تمكنت من إجراء حساباتي بحيث تتفق نتائجها مع الحقيقة في نطاق خطأ لا يزيد على عشر درجات، لوجب عليَّ أن أطير فرحًا مثلما فعل فيثاغورس بالتأكيد عقب اكتشافه لقاعدته الشهيرة.»

كيف يبرِّر كوبرنيكوس استدارة الأرض؟ كان من بين براهينه التي استمعتُ إليها وأنا تلميذ في المرحلة الابتدائية: بينما نحن نشاهد سفينة وهي تقلع نحو عرض البحر، نجد أن العَلَم المثلث الشكل الذي يعلو صاريها يظل مرئيًّا لنا بعد أن تكون السفينة ذاتها

قد اختفت عن الأنظار وراء الأفق، وبعدها يغرب عن أنظارنا مثلما تغرب الشمس. كيف أمكن حصول ذلك لو لم تكن الأرض تنحني لأسفل بالنسبة لنا من جميع الاتجاهات؟

إن النزعة التجريبية التي من هذا النوع تظل مقبولة لنا أكثر من كونها أمرًا لا سبيل إلى إنكاره. على سبيل المثال (بصرف النظر عن الظواهر الفيزيائية والفلكية المختلفة) ربما اعتبر المرء غروب السفن عن الأنظار دليلًا على «تقعُّر» الأرض، وفي هذه الحالة فإن الزاوية المتغيرة للسفينة قد تزيد من البروز الظاهري للصاري، وهو احتمال، مع أنه يبدو واهنًا لنا، فقد تكبد بطليموس مشقة كبيرة ليثبت عكسه.

هناك مشاهدات أخرى تؤيد استدارة الأرض. قبل زمن هيرشل — بل ولعله قبل زمن بطليموس — كان القطر الزاوي للأفق المرئي يقاس بواسطة آلة بسيطة تسمى «القطاع الغاطس»، وكانت القيمة الناتجة عن القياس من أعلى قمة جبل أقل من القيمة الناتجة عند الوقوف عند مستوى سطح البحر. أو بعبارة أخرى، كلما ارتفعنا لأعلى، كان انحناء الأفق لأسفل من حولنا أكثر وضوحًا.

غير أن تلك البيانات لم تؤدِّ إلا إلى استدلالات منطقية، لا إلى يقين إدراكي. وأيَّدت المشاهدات في نهاية المطاف ما ورد في كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»؛ بعدها إما بـ ٣٩١ أو ٣٩٢ عامًا، إن شئنا الدقة؛ إذ إننا اضطررنا للانتظار حتى عام ١٩٣٤ أو ١٩٣٥ إلى أن سُجِّلت صورة (على فيلم يلتقط الأشعة تحت الحمراء) من بالون ما وصل إلى طبقة الستراتوسفير وحلَّق على ارتفاع بلغ ٢٢٠٦٦ كيلومترًا؛ كي يبين لنا أن الأرض بالفعل مستديرة على هيئة كرة! كل هذا عزَّز من تقدير السابقين على كوبرنيكوس الذين توصلوا إلى هذا الاستنتاج على نحو منطقي.

## البراهين النجمية

ونعود إلى كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» من جديد. إن الأرض مستديرة؛ لأنه ينبغي لها أن تكون كذلك. وهنا يأتي البرهان الثاني القائم على الرصد، وهو أيضًا مما ذكره بطليموس بأسلوبه الأكثر أناقة: إذا سافرنا باتجاه الشمال، نجد النجوم الواقعة في أقصى الشمال لم تعد تأفل، في حين أن النجوم الواقعة إلى أقصى الجنوب لم تعد تشرق. وبالمصطلحات الفنية التي كان كوبرنيكوس يجد متعة في استخدامها «القبة الشمالية لمحور الدوران اليومي» للحركة الظاهرة لتلك النجوم «تتحرك تدريجيًّا لتصبح فوق رءوسنا، بينما تتحرك النجوم الأخرى لأسفل»؛ ومن ثم تغيب عن الأنظار «بنفس المقدار».

وإذا اتجهنا جنوبًا يحدث العكس. ولو كانت الأرض مسطحة، لكانت الزاوية التي نشاهد بها تلك النجوم تغيَّرت تبعًا لموقعنا، لكن الكوكب ذاته ما كان ليحجبها عنا. لكن من الواضح أنها تُحجب عن أنظارنا. وهذه حجة بالغة القوة تؤيد تحدُّب الأرض على أقل تقدير، ويمكن أن يفهم منها بشدة أنها كروية؛ حيث إنه لم يكتشف أي مسافر عن طريق البحر بعدُ أي حافة لها؛ الواقع أنه قبل واحد وعشرين عامًا من نشر كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، لم تحُل وفاة ماجلان دون إتمامنا لأول دورة حول محيط الأرض بالكامل.

(حول موضوع الاتجاه شمالًا، تجدر الإشارة إلى ملحوظة: من وجهة نظرنا التي تستند إلى عدم مركزية الأرض بالنسبة للكون، يعتبر القطب الشمالي واحدًا من نقطتَي نهاية لمحور دوران الأرض. ولكن ما تلك المصادفة التي حدَّد بها السابقون على كوبرنيكوس موضع الشمال في نفس الاتجاه الذي حددناه نحن؟ الإجابة تجريبية، وهي بابلية كذلك. إن ظِلَّ عقرب المزولة، أو العصا الشمسية، يظل في حالة تغيُّر مستمر وفق الحركة الظاهرية للشمس؛ لكنه وقت الظهيرة من كل يوم؛ أي تلك اللحظة التي يكون فيها الظل أقصر ما يمكن، يظل اتجاه الظل هو نفسه على الدوام. وذلك الاتجاه — في نصف الكرة الشمالي على الأقل — هو الشمال.)

وبالمثل، على كوبرنيكوس أن يعترف بالفضل لبطليموس بسبب ما يلي: «أضف إلى ذلك مسألة أن قاطني المشرق لا يرون حالات كسوف الشمس وخسوف القمر التي تحدث مساءً، كما أن قاطني الغرب لا يشاهدون حالات الكسوف والخسوف الصباحية … ولو كانت الأرض مسطحة لأمكن للجميع مشاهدة تلك الحالات من الكسوف والخسوف، وفي نفس التوقيت.»

فضلًا عن ذلك — ومثل كثير مما ورد في كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، من بطليموس وحتى أرسطو — يحدث الكسوف الأرضي بسبب ظل الأرض الواقع على القمر، وهو ظل بالمصادفة دائري الشكل (دائري «تمامًا»، هكذا يواصل كوبرنيكوس حديثه بالطبع)؛ ومن ثم، كيف يمكن ألا تكون الأرض كروية؟

يعبر هذا الجزء من كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» بحق عن كل الكتاب في خليطه من عبارات تنم عن التقوى، ومن الاستدلالات والمشاهدات غير القابلة للتفنيد؛ مثل: «إيطاليا إذن لا تشاهد النجم سهيل، بينما هو مرئي من أرض مصر.» لعل من الملائم أن نتذكر أن كوبرنيكوس نفسه لم يذهب إلى مصر مطلقًا. وما الداعي وقد أجرى بطليموس وأسلافه جميع القياسات اللازمة هناك؟

## الكتاب الأول، الجزء ٣: تحديد نسبة الماء على كوكب الأرض

بعدها يبحث كوبرنيكوس في كيفية وجوب انقسام كوكبنا بين ماء ويابسة. وهو يقول إنه لا بد أن يكون حجم اليابسة أكبر، ولولا ذلك لسكنَّا قاع المحيط. فضلًا عن ذلك — وهنا تأتي عينة دقيقة من غموض كوبرنيكوس — «الكرات بعضها بالنسبة إلى بعض كمكعبات أقطارها بعضها بالنسبة إلى بعض. ومن ثم إذا كان سطح الأرض منقسمًا إلى سبعة أجزاء ماء وجزء واحد يابسة، فإنه ليس من الممكن أن يزيد قطر اليابسة على نصف قطر مساحة المياه.» ما معنى ذلك؟ إن الجذر التكعيبي للرقم ٧ يبلغ نحو ١,٩٢، ونصف قطره الافتراضي هو نصف قطر مساحة المياه ومقداره ٠,٩٦ من الوحدة. وبنفس المنطق، فإن شطر الجذر التكعيبي للواحد يعطينا «نصف قطر مساحة اليابسة»؛ أي ٠,٥؛ ومن ثم إذا كانت كلٌّ من اليابسة والماء كرات تامة الاستدارة، فإن تلك القيم — نعم نعلم ذلك — تجعلنا نعيش تحت المحيط. صراحةً، لا أشعر بالانبهار تجاه منطق كوبرنيكوس. لِمَ لمْ يكن من الممكن أن ترتفع القارات عاليًا وتنحدر مثل أشواك قنفذ البحر من لب صخري دقيق يقع في أقصى أعماق البحر؟ بالمناسبة، كان كوبرنيكوس محقًّا في افتراضه؛ إذ بالرغم من أن الماء يغطي نسبة تقترب من ٧٥ في المائة من مساحة سطح كوكب الأرض، فإن محيطاتنا وبحارنا لا يتجاوز عمقها حوالي خمسة أميال، وهو ما يتبين أنه بالضبط ١ / ٧٩٢ من نصف قطر الكوكب.

وهنا نشاهد واحدة من السمات المذهلة لكتاب «عن دورات الأجرام السماوية»؛ إذ كثيرًا ما يتبين أن كوبرنيكوس «على حق» تمامًا، حتى دون وجود بيانات كافية، أو حتى لأسباب خاطئة تمامًا.

إنه يشير إلى أنه كلما كانت هناك مياه أكثر من اليابسة على كوكب الأرض، وكلما زادت رقعة البحار التي نبحر خلالها، انخفض مستوى قاع البحر وصار أكثر عمقًا. غير أننا نجد أن كل قارة وجزيرة تلي القارة والجزيرة التالية لها وهكذا؛ لهذا فهو يعتقد أن القاع لا يمكن أن يكون بالغ العمق على هذا النحو (مرة أخرى أعرض عليكم فكرتي عن قنفذ البحر الحجري). الحقيقة أنه يقول (وهنا يتجلى حدسه الفطري البارع المتميز) إننا نواصل العثور على أراضٍ جديدة مثل أمريكا، التي اكتُشفت قبل نشر كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» بواحد وخمسين عامًا. مع كل ما كان كوبرنيكوس يعلمه، كان من الممكن لتلك الأراضي الجديدة أن تنتهي إلى مناطق مجهولة، وفي هذه الحالة قد تكون

المياه مع ذلك أكثر من اليابسة؛ غير أنه يجرؤ على كتابة العبارة الآتية: «لن ندهش كثيرًا لو كان هناك قطبان متضادان»، مثل قارة أنتاركتيكا، التي لم تُشاهَد إلا عام ١٨٢٠.

## الكتاب الأول، الجزء ٤: دوائر أبدية، دوائر من حول دوائر

الآن وبعد أن أكَّد كوبرنيكوس، حسب قناعته هو على الأقل، ممَّ تتكون الأرض وكيف تشكَّلت، يبدأ في بحث لبِّ المسألة.

فيكتب قائلًا: «سوف نتذكر أن حركة الأجرام السماوية دائرية.»

من وجهة نظرنا المميزة والقائمة على المركزية، نحن نشاهد الشمس وهي تعبر من الشرق إلى الغرب كل يوم. أنا نفسي في أيام الصيف القطبي المتنوعة التي قضيتها استمتعت بمشهد الشمس التي لا تغرب أبدًا وهي تدور في أرجاء السماء مرات ومرات؛ لو أنني علمت موعد وجودها في مكان ما بالأمس، لأمكنني أن أسجِّل موقعها اليوم في نفس هذا التوقيت؛ ومن ثم أستخدمها كبوصلة (كوبرنيكوس: «حيثما يكون محور الأرض عموديًّا على الأفق لا يوجد شروق ولا غروب، غير أن جميع النجوم تتحرك في حركة دائرية ... ويتطابق الأفق مع خط الاستواء»). ويصر الحس السليم على أننا في حالة سكون، وأن السماء هي التي تدور من حولنا. لِمَ لمْ يكن هذا هو ما يحدث فعلًا، لا سيما وأن الكتاب المقدس يمركز أحداثنا الدرامية المستمرة على هيئة خطايا ثم توبة ممكنة؟ إن بارمنيدس في مواجهة ديموقريطس ليسا سوى عقلين أحدهما في مواجهة الآخر، أما الهرطقة في مواجهة الحقيقة فأمرٌ مختلف تمامًا!

في أمر يقوض الحس السليم، يسير القمر عكس اتجاه الشمس؛ لهذا فإن الأوفياء لمبدأ بطليموس في حاجة لافتراض أنهما يدوران من حولنا وكلٌّ يجري في مداره المستقل. أو بالتعبير الدقيق لزميلي في فكرة عدم مركزية الأرض، الفلكي إريك ينسن: «الاتجاهان متطابقان؛ فكلاهما يبدي حركة يومية من الشرق إلى الغرب، مع انحراف أكثر تدريجية تجاه الشرق مقارنةً بالنجوم، ولكن «معدلات» الحركة متفاوتة (فالقمر يطلع متأخرًا ساعة كل ليلة مقارنةً بنجم معين، أما الشمس فلا تشرق متأخرة إلا بمقدار نحو أربع دقائق)، وهو السبب المفترض لاحتياج كلٍّ منهما لمدار خاص به.»

للأسف، القليل من الأفلاك المتوازية تخفق في تصوير «العالم» تصويرًا كافيًا؛ فأفلاك الكواكب الخمسة المعروفة تسكن مستواها المائل الخاص بها، أو بمصطلحات كوبرنيكوس (وهي هنا من جديد نفس مصطلحات بطليموس) تتبع «مسارًا مائلًا».

## المسار الكسوفي ودائرة البروج

ما المسار الكسوفي؟ ولماذا قد يكون هذا المسار مائلًا؟

ذات مرة، تحت شمس ساطعة تدور، في فلك ما، قدَّم بطليموس لنا كونًا بديهيًّا ومعقولًا يمارس حركتين؛ إحداهما «تلك التي بواسطتها يتحرك كل شيء من الشرق إلى الغرب، دائمًا بنفس الطريقة وبنفس السرعة في دورات دائرية الشكل موازية بعضها لبعض، وتوصف بوضوح حول أقطاب فلك كروي دوار بانتظام.» تلك «الأقطاب السماوية» مساقط متفرعة من قطبي الأرض، ويقع في منتصف الطريق بينهما، أعظم الدوائر النجمية الموازية للدوران، «خط الاستواء السماوي»، وهو بالمثل مسقط من سَميه الأرضي.

لقد أخبرنا كوبرنيكوس بالفعل بأنه حسب دائرة العرض التي تقف عندها، تكون هناك نجوم مرئية وأخرى غير مرئية؛ وزِدْ على ذلك أنه كلما اقتربت من أيٍّ من القطبين السماويين ربما وجدت نجمًا ما، كانت حركته وشروقه وأفوله أبطأ؛ ومع ذلك، فجميع النجوم التي نراها فعلًا تشرق من الشرق إن قُدِّر لها أن تشرق أصلًا، وتدور في اتجاه الغرب بالتوازي مع هذه الدائرة، مغيِّرة موقعها الظاهري في السماء بنحو ١٥° كل ساعة (إذ إن ١٥ × ٢٤ = دائرة واحدة كاملة؛ أي ٣٦٠°)، ولا تغيِّر أبدًا موقعها بعضها بالنسبة إلى بعض، وهو سبب آخر قوي جعل أسلافنا الذين اعتبروا الأرض مركز الكون يعتبرون الكون آلة ميكانيكية تدور دورة تامة (يا لها من مصادفة! أعني: يا لها من قدرة سماوية!) بدقة مع نهاية كل دورة من نهار أو ليل.

بالرغم من مقولة بطليموس التي ذكر فيها عبارة «كل شيء»، فإنه لا تزال هناك فئة مثيرة للقلق من الأجرام السماوية — أي الشمس والقمر والكواكب — «تجعل بعض الحركات المعقدة بعينها غير مكافئة بعضها لبعض، وإنما هي في تضاد كامل مع الحركة العامة»، وهي ظاهرة يبدو أن أناكسيمينيس كان أول من رصدها وسجَّلها. عبر العصور المختلفة، كانت تلك الأفلاك موضع اهتمام بالغ من جانبنا فاق اهتمامنا بالأفلاك الأخرى؛ إذ إنها، حسبما تشرح إحدى قصص السحر التاريخية، «تظهر مبادرة من خلال مسارها المنفرد، وتعمل حسب قوانينها الخاصة، وتتحرك في اتجاه معاكس لاتجاه النجوم الثابتة، التي تسير في حركة جماعية.» ولهذا خصَّص لها بطليموس قسطًا كبيرًا من كتابه «المجسطي». إنها تتطلب منه «أن يفترض وجود حركة ثانية مختلفة عن الحركة العامة، وهي حركة حول قطبي تلك الدائرة المائلة أو الكسوفية.» التي تقابل خط مسير الشمس،

وتعني حرفيًّا «المسار الذي من الجائز أن تحدث حالات الكسوف فوقه.» وهذه الحركة، التي تشكل فعليًّا فئة كاملة من الدورات المعقدة في اتجاه مضاد للاتجاه النجمي، ربما يُعبر عنها على نحو مفرط في التبسيط على النحو التالي: فيما يبدو تتبع الشمس مسارًا دائريًّا حولنا على مدار العام، في حين أن الزهرة والمريخ يدوران حولنا في سلسلة من المسارات اللولبية، مجتازَيْن المرة تلو المرة مسار الشمس، مسرعَيْن تارة ثم متباطئَيْن تارة أخرى، بل وأحيانًا يعودان للخلف متتبعَيْن الاتجاه العكسي (أي «متقهقرَيْن»). إن مدار المريخ، بالرغم من كونه أكثر انتظامًا بقدر طفيف، يظهر نفس أنماط المسارات اللولبية التي يُظهرها كوكب الزهرة؛ وكذلك تفعل مسارات الكوكبين الأكثر بُعدًا بكثير المشتري وزحل. وهكذا تهيم الكواكب ملتزمة بالمسار الكسوفي وخارجة عنه، في نطاق شريط يمتد حزام بروجه نحو ثماني درجات أو تسعٍ على الجانبين.

في منتصف القرن العشرين، قدَّم علماء الفلك نظريتين لتفسير التطابق التقريبي بين المستويات المدارية: إما أن الجاذبية الهائلة للمشتري تعمل على تناغم مسارات جيرانه، أو أن جميع الكواكب تشكَّلت دفعة واحدة. وقد فازت النظرية الثانية الآن بالمباراة. وفي كلتا الحالين، فإن اختلافها عن المستوى الكسوفي أمر يمكن تجاهله من وجهة النظر الكوبرنيكية فيما يتعلق بالدقة («لو أنني تمكنت من إجراء حساباتي بحيث تتفق نتائجها مع الحقيقة في نطاق خطأ لا يزيد على عشر درجات، لوجب عليَّ أن أطير فرحًا مثلما فعل فيثاغورس بالتأكيد»). ربما يكون كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» قدَّمها لهم باعتبارها حبات في مسبحة واحدة؛ لحسن طالع كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» أن طالب كوبرنيكوس نفسه بقدر من الدقة يزيد على عشر درجات عند حسابه لذلك النطاق، وهو بالطبع دائرة البروج. كان علماء الفلك في تلك الأيام — الذين كانوا يمارسون التنجيم إلى جانب اشتغالهم بالعلم — قد قسموها إلى اثنتي عشرة منطقة، كل منها تحتل ثلاثين درجة في دقة متناهية، جاعلين إياها أشبه بوجه ساعة هائلة الحجم تمثل عامًا كاملًا لتُناظر وجه الساعة النجمية الليلية. وتقديرًا منه لشخصية تلك الدائرة المقسمة إلى اثني عشر قسمًا، يطلق كوبرنيكوس عليها أحيانًا اسمها القديم وهو «دوديكاتيموريا» (وتعني المضلَّع الاثني عشري). كل منطقة سُميت باسم مجموعة نجمية هي الأبرز في نطاقها؛ ومن ثم عندما نقول إن الشمس في برج الحوت، أو إن المريخ دخل برج العقرب (اعتبرت شعوب منطقة «ما بين النهرين» أنه في تلك الحالة الأخيرة، كان مليكهم مهددًا بتعرضه للموت بلدغة عقرب)، فإننا نقصد أن الجرم السماوي المعني قد تجوَّل حتى

دخل في محطة معينة داخل دائرة البروج. وعندما نذكر ذلك، فإنه يمكننا القول بطريقة أو بأخرى في أي شهر من السنة نكون، لكن ليس بدقة تامة؛ لأنه مثلما أن للسماوات دوائر من حول دوائر، يتباهى علم الفلك بالتعقيدات التي تتفاقم من فوق تعقيدات، ومن بين تلك الأمور المعقدة ما يعرف بالمبادرة، وهي دورة كل قطب سماوي بمعدل ثابت بحيث يكمل دورة واحدة كل ستة وعشرين قرنًا (وفي أيامنا هذه نعرِّف هذه الظاهرة بأنها دوران خط الاستواء السماوي نتيجة للجاذبية الشمسية والقمرية).

وقد كان حساب كوبرنيكوس لفترة المبادرة صحيحًا في حدود دقة قدرها ٩٫٩٩ في المائة من حساباتنا نحن.

وكما هي الحال مع خط الاستواء، يجوز اعتبار المسار الكسوفي (من الناحية النموذجية على الأقل) «دائرة عظمى»؛ بمعنى، التقاطع بين فلك ومستوًى يمر من خلال مركز ذلك الفلك؛ ومن ثم فهو يمثل واحدًا من أي عدد من «خطوط الاستواء» يشطر المدار الكروي إلى نصفَي كرة متماثلَيْن. ولما كان المسار الكسوفي مائلًا بعيدًا عن خط الاستواء السماوي بزاوية مقدارها ٢٣°١٠ ′٢٧ (أو بعبارة أخرى لأن محور كوكب الأرض يميل بهذا المقدار فحسب على الخط العمودي على المستوى الكسوفي)، فإن كوبرنيكوس يطلق على المسار الكسوفي المسار المنحرف.

## الاعتدالان

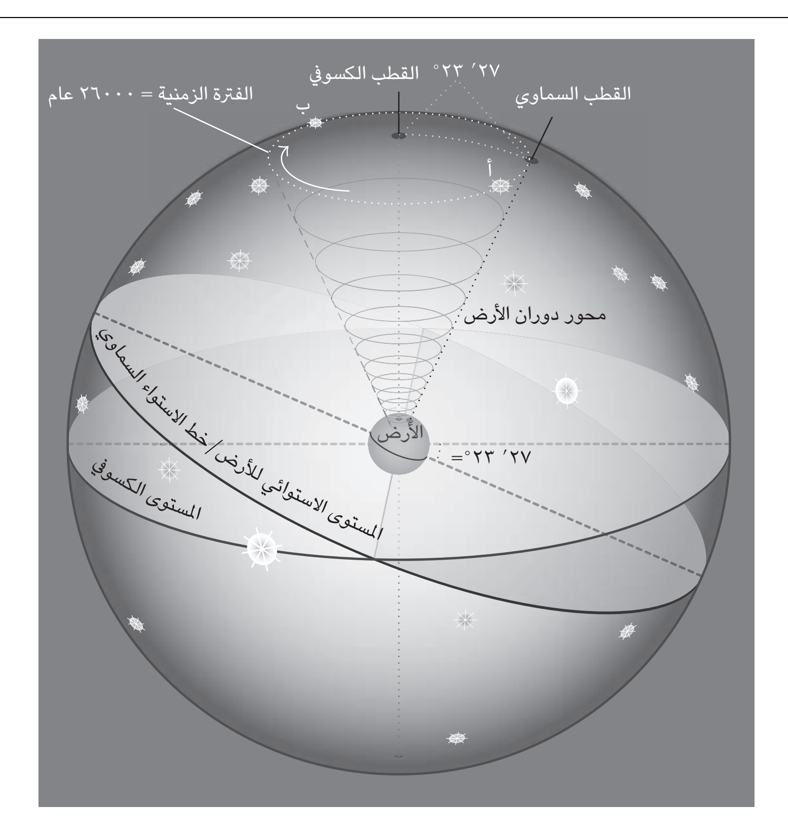
في حالة عدم توازي مستويين، لا بد أنهما سيتقاطعان في موضع ما، وسوف يكون تقاطعهما معًا على شكل خط. وعندما يحمل كلٌّ من المستويين دائرةً حول خط التقاطع، فإن كل دائرة منهما تتقاطع مع الأخرى عند نقطتين تبعد إحداهما عن الأخرى بمقدار ١٨٠°؛ ومن ثم، لا بد أن تكون هناك نقطتان للتقاطع بين المسار الكسوفي وبين خط الاستواء السماوي، ويعرِّف بطليموس هاتين النقطتين بأنهما ««الاعتدالان»، ويعرِّف ذلك الاعتدال الذي يحرس الدنو الشمالي بالربيعي، أما المقابل له فهو الاعتدال الخريفي.» عند هذين الموضعين، اللذين يحدد لهما تقويمنا الميلادي الحالي تاريخَي ٢١ مارس و٢٣ سبتمبر، يصير النهار والليل متساويين في الطول في جميع أنحاء الأرض (تذكر دائمًا أنه عند خط الاستواء الأرضي، الذي يعد خط الاستواء السماوي مسقطًا له، يحدث ذلك كل نهار وكل ليلة).

وهكذا، تحوَّل ما كنا نظنهما نقطتين زمنيتين فيما يشبه السحر إلى زوجٍ من النقاط في الفضاء. وتصبح الأيام والليالي أجزاءً من دائرة. هذه هي عبقرية علم الفلك السابق على ظهور التليسكوب. سوف يتيح ذلك لكوبرنيكوس الترحال عبر فضاء فكري بين النجوم على المنوال التالي: «فترات النهار والليل متساوية في تناسب عكسي؛ لأنه على كل جانب من جانبَي الاعتدال تصف تلك الفترات أقواسًا متساوية من المتوازيات ...»

## الانبعاجات الكسوفية

بقدر بساطة مفهوم الكسوف (أليس كوننا الذي تعد الأرض محورًا له مكونًا من دوائر مثالية؟) فإن تحديده عمليًّا أمر رائع؛ لأن وضعه الظاهري يتغير لحظة بلحظة، ويومًا وراء يوم. ويصر كوبرنيكوس — ومعه الحق في ذلك — على أن الميل المتغير للمسار الكسوفي ينبغي اعتباره في الحقيقة ميلًا متغيرًا لخط الاستواء بالنسبة للمستوى الكسوفي، الذي لا يتغير أبدًا. إن الشخص غير العامل بالفلك والمنحصر تفكيره في النطاق الأرضي قد لا يعلم ذلك أبدًا. وبينما أكتب هذه الفقرة، أنظر مباشرةً نحو الجنوب من نافذة منزلي بساكرامنتو وقد أشارت عقارب الساعة إلى الثالثة والربع من عصر ١٠ يونيو عام ٢٠٠٤، يصنع خط مسير الشمس قوسًا عاليًا فوق كتفي اليسرى، منحنيًا لأعلى وجهة اليمين، ثم ينبسط هذا القوس ويهبط على نحو مفاجئ ساعة تلو أخرى، وبحلول منتصف الليل سوف يصل إلى نحو منتصف الطريق إلى الأفق البادي أمامي، وبعدها بساعة سوف يصبح موازيًا في الأساس للأفق؛ مواصلًا حركته في اتجاه عقارب الساعة، وبحلول قرابة الساعة السادسة صباح يوم ١١ يونيو يكون قد بلغ أقصى مدًى له في اتجاهه لأسفل، وبعدها سوف يبدأ القوس بأكمله، محافظًا على انحنائه، في الشروق، متتبعًا أثناء صعوده شبه دوائر متحدة المركز وسط السماء المشرقة. وبحلول توقيت يلي الظهر بنصف الساعة، يكون أعلى في ركنه الجنوبي الغربي مما هو في ركنه الجنوبي الشرقي عندما بدأت أكتب هذه الفقرة (كوبرنيكوس: «لما كان المسار الكسوفي مائلًا بالنسبة لمحور الكرة، فإنه يصنع زوايا متنوعة مع الأفق»). أما في الساعة الثالثة والربع من يوم ١١ يونيو ٢٠٠٤، فإنه سوف يعود تقريبًا إلى نفس الموضع الذي كان فيه في ذلك التوقيت يوم ١٠ يونيو، ولكن ليس بالضبط؛ إذ إن الشمس تتحرك باتجاه الشرق خلال النجوم الثابتة، بنحو درجة يوميًّا (إن شئنا مزيدًا من الدقة، تسع وخمسون دقيقة قوسية خلال ما يقرب من أربع

وعشرين ساعة؛ وحتى نكون أيضًا أقرب إلى الدقة المتناهية يجدر بي أن أشير، مثلما سيجدر بكلٍّ من بطليموس وكوبرنيكوس أن يشرحا هما أيضًا، إلى الحقيقة القائلة إن الحركة الظاهرية للشمس تكون في أسرع حالاتها خلال شهر يناير، وفي أبطأها خلال شهر يوليو)، وهو ما يعني أنها تكمل دائرة مساحتها ٣٦٠° خلال ما يقرب من عام كامل، وهو طول المدة التي نطلق عليها «السنة النجمية».

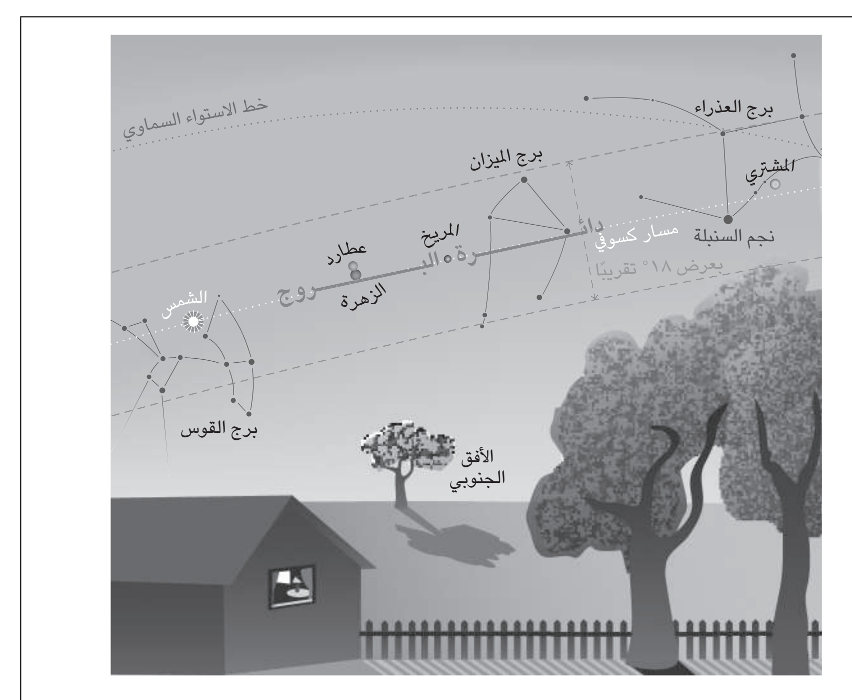



**شكل ٢:** المبادرة (المنظر بطلمي؛ التفسير كوبرنيكي).

«أ» و«ب» يصير كلٌّ منهما «النجم الشمالي» ومحور دوران أرضنا يمر أقرب ما يكون إليه. يتعرج مسار خط الاستواء السماوي في تعامد مناظر لتعرج محور الدوران، ولكن الزاوية بين خط الاستواء والمسار الكسوفي تظل ثابتة.

كل شهر يمر سوف يكون معادلًا تقريبًا لساعة بحساب الدورة الشمسية الكسوفية، غير أنه معادل تقريبي ليس إلا. مثال ذلك، تكون شمس الصيف أعلى في السماء من شمس الشتاء.

لماذا كان من الضروري أن تكون هذه الحركة بالغة التعقيد على هذا النحو؟ لأن الشمس والكواكب يشتركون في كلٍّ من حركتَي بطليموس. وحسبما شرح توماس إس كون ذلك الأمر «في كل يوم تتحرك الشمس مسرعة باتجاه الغرب مع النجوم ... وفي نفس الوقت تتحرك الشمس ببطء في اتجاه الشرق على امتداد المسار الكسوفي عبر النجوم.»




**شكل ٣:** المسار الكسوفي ودائرة البروج عند لحظة معينة. (حسبما يشاهَدان من ساكرامنتو، كاليفورنيا، ٢٨ ديسمبر ٢٠٠٤، الساعة ١٠:٣٠ص.)

خلال حقبتنا التي تؤمن بعدم مركزية الأرض بالنسبة للكون، نعرِّف المسار الكسوفي بأسلوب مناقض تمامًا للأسلوب الذي كنا نعرِّفه به قبل مجيء كوبرنيكوس؛ فلم يعد

هو الدائرة العظمى التي تقطعها الشمس في سيرها من حولنا خلال عام، وإنما «الدائرة العظمى التي يتقاطع فيها مستوى مدار الأرض حول الشمس مع الكرة السماوية التي يجب اعتبارها هي الأعظم.» مع علمنا بذلك، ومعرفتنا أيضًا بأن الأرض تدور باستمرار حول محورها، نكتشف بعضًا من الرحلات المرصودة للمسار الكسوفي التي في حاجة إلى قدر أقل من الشروح المعقدة التي قدمها بطليموس. زِدْ على ذلك أننا نمتلك — وهو ما لم يكن كوبرنيكوس يمتلكه — الميزة شبه السحرية لقوانين الميكانيكا لنيوتن. إننا على علم تام بمفهوم يُدعى الجاذبية؛ ومن ثم فإننا نتقبل بسهولة ما قطع به فلكيونا من أن المستوى المداري للأرض يمر عبر خط واصل بين مركز الجاذبية في المنظومة الأرضية القمرية (ومن البديهي أنها نقطة مختلفة عن مركز الأرض وحدها) ومركز الشمس. وهذا الأمر يزيد من تشوُّه شكل مسارات الكسوف أكثر وأكثر؛ ويمكننا توسيع نطاق المشاهدة أكثر، لنكتشف المزيد من التشوهات لأسباب خفية لا نعلم عددها.

## شكوى ضد حركات معاكسة

هذا كافٍ؛ فلقد تعرَّفنا الآن على العديد من النقاط المرجعية، التي ذكرها بطليموس، في سماء الليل؛ وسوف تكون تلك هي نقاطنا المرجعية نحن وكوبرنيكوس أيضًا.

فقط لو لم تكن الحركتان السماويتان متعارضتين، لكنا ساعتها صِرنا أحرارًا في تخيل جميع النجوم والكواكب والقمر، بل وحتى شمسنا، باعتبارها أجرامًا ثابتة على نفس الفلك الدوار القابل للحركة. كم كان الوجود سيصير مباشرًا وبسيطًا عندئذ في مركز كوننا المثالي، في أيدي ربٍّ لا يغفل ولا ينام!

## الكتاب الأول، الجزء ٤ (تابع): «علينا مع كلٍّ أن نقر بأن الحركات دائرية»

لا عليك من الحركتين والتشوهات غير السارة للمسار الكسوفي. نحِّ جانبًا ما تسبِّبه المبادرة من إغاظة، التي تغير الأوضاع الاعتدالية بمقدار خمسين ثانية قوسية كل عام. لهذا السبب فإنه خلال السنوات السابقة على ظهور كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، تعذَّب كوبرنيكوس بسبب «حركة الكرة الثامنة، التي لم يتمكن الفلكيون القدماء من إمرارها لنا بأكملها مبررين ذلك ببطئها المتناهي.» تخيَّل أن الفلك الكروي للنجوم الثابتة يدور من حولنا خلال مدة تبلغ أربعًا وعشرين ساعة بالضبط؛ وتجاهل حقيقةً من الممكن أن

تصيبك بالجنون؛ وهي أن كل نجم سوف يشرق مبكرًا الليلة عن موعده الذي أشرق فيه في الليلة الماضية بأربع دقائق.

حتى مع كل هذا، يتبين لنا أن «عالمنا» المسكين أكثر تعقيدًا مما كنا نأمل؛ «إذ إن الشمس والقمر يُرصدان وهما يتحركان أحيانًا أبطأ من المعهود وفي أحيان أخرى أسرع.» هذا ما يشكو منه كوبرنيكوس، «والشيء نفسه ينطبق على النجوم السيارة الخمسة. ونحن نرى النجوم السيارة تتقهقر أحيانًا إلى الوراء، وتصل إلى حد التوقف أحيانًا بين حركتين.»

حلُّ هذا المظهر المزعج للخلل السماوي — ولا بد أنه لا يزيد عن كونه كذلك، حيث «تبقى تلك الاختلالات بما يتوافق مع قانون ثابت وتعاود ما تفعله على فترات زمنية ثابتة» — يتمثل في أنه لا بد أن تدور الأجرام السماوية في دوائر من حول دوائر، أو — حسب الضرورة — دوائر من حول دوائر من حول دوائر. «من المتفق عليه أن حركاتها المنتظمة تبدو لنا غير منتظمة؛ سواء بسبب اختلاف أقطاب دوائرها بعضها عن بعض أو حتى بسبب أن الأرض ليست في مركز الدوائر التي تدور تلك الأجرام في فلكها.»

دوائر من حول دوائر! إنه أمر معقول؛ إنها الحقيقة المتلقاة، إنها تفسر الظواهر البادية لنا؛ وبطليموس يقول ذلك.

## تنبيه

غير أن كوبرنيكوس ينهي هذا الجزء الملهم تمامًا من كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» بالتحدي التالي لبطليموس، ولنا ولنفسه: «علينا أن نظل متنبهين، وإلا عزَوْنا ما ينتمي إلى الأرض إلى أجرام سماوية.» وبالرغم من ولائه الأعمى لمبدأ الدورانية، سوف يكون أول من يفسر الحركات القهقرية للكواكب، وينوع الدوامات والحلزونيات الأخرى للأفلاك السماوية، من زاوية متفقة مع رؤية خارقة للطبيعة يوفرها التليسكوب الذي لم يكن قد ظهر بعد.

# ما كنا نؤمن به: علم الكونيات

كتب كوبرنيكوس ذات يوم لأسقف فارميا قائلًا: «عادةً ما يمنح التنوع متعة أعظم من أي شيء آخر.» وأملًا مني في أن تشاركني هذه المشاعر، اخترت أن أقدم فصول الشروح بالتناوب مع فصول تتحدث في موضوعات أخرى.

ومن ثم دعونا نتوقف من جديد كي نفتش في الكون المتطور لأسلاف كوبرنيكوس.

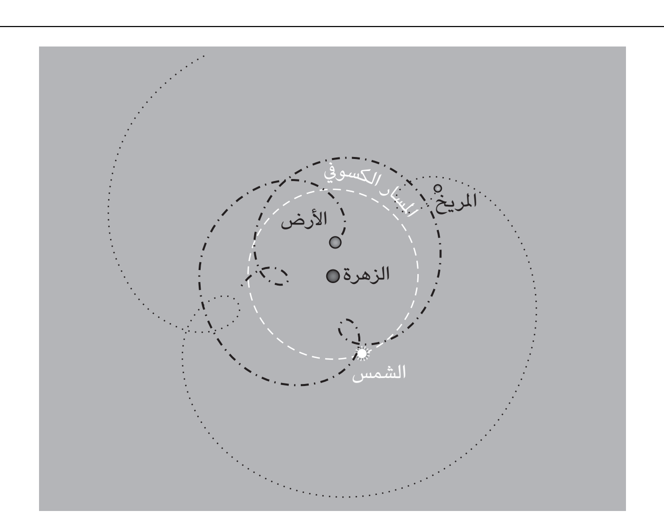
## المركزية باعتبارها أمرًا حتميًّا

تحدثنا سريعًا عن ظهور شبه إجماع فيما يتعلق بكروية الأرض؛ لأن الآراء المنافسة كانت اختفت في الأساس قبل تأليف كوبرنيكوس لكتابه بقرون. كذلك كان «لمكان» تلك الأرض وحركتها أو سكونها نصيب من هذا الإجماع؛ إجماع بطلمي، كانت مهمة كوبرنيكوس هي القضاء عليه.

معظم مجموعات السكان الأصليين للبلاد التي درستها يشير أفرادها إلى أنفسهم باعتبارهم «الشعب». «العصر الذي عاش فيه كوبرنيكوس — كما الحال بالنسبة للعصر الذي نعيشه الآن — لا يعرف سوى الولاء للأرض التي يستوطنها المرء.» وفي عجالة، نحن نمركز أنفسنا وسط العوالم التي نفهمها؛ فلو كنا مثلًا سكان كوكب الزهرة، وأمكننا

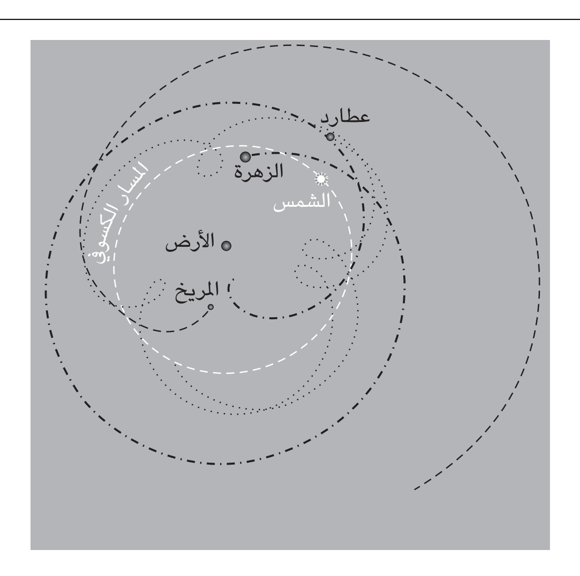
النظر من خلال سحب حمض الكبريتيك التي تشكل الطبقة العليا من جو هذا الكوكب فتجعله شديد اللذوعة، للاحظنا بطريقة أو بأخرى ما لدى سكان الأرض دومًا:

> إذ إنهم يرون الشمس والقمر والنجوم الأخرى تتحرك دومًا من المشرق إلى المغرب في دوائر متوازية، بادئة الحركة لأعلى وآتية من أسفل، كما لو كانت تخرج من الأرض ذاتها، لتصعد شيئًا فشيئًا نحو القمة، ثم تعود لتدور من جديد فتهبط بنفس الطريقة وهكذا ... الفلك الدائري المرصود لتلك النجوم المرئية دائمًا، ودورانها حول نفس المركز دائمًا، يربطانها بتلك الحركة الكروية ... ثم رأوا أن تلك النجوم القريبة من النجوم المرئية دائمًا، اختفت لفترة قصيرة، وأن تلك الأبعد اختفت لفترة أطول نسبيًّا.




...... مسار كوكب المريخ
-.-. مسار الأرض

**شكل ٤:** الدورات الظاهرية للأرض والمريخ والشمس كما تُشاهد من فوق كوكب الزهرة، يناير ٢٠٠٦.




--- مسار كوكب المريخ

...... مسار عطارد

-.-. مسار الزهرة

**شكل ٥:** الدورات الظاهرية للزهرة والمريخ وعطارد والشمس كما تُشاهد من فوق كوكب الأرض، نوفمبر ٢٠٠٥.

(فوق سطح كوكب الزهرة تطلع الشمس من الغرب، نتيجة للدوران المميز لذلك الكوكب؛ وزد على ذلك أنه ليست له أقمار، لكن لا تُلقِ بالًا لذلك.)

أينما كنا، لِم «لا» نضع أنفسنا في مركز الكون؟ لعلنا نتخير تعريف المركز بأنه قطب سماوي يبدو أن جميع النجوم تدور من حوله، ولكن حتى ذلك لن يزيد عن أقرب قطب لكوكب الراصد، ناتئًا لأعلى مباشرةً على استقامته نحو قبة سماوية دوارة فيما يبدو. أيًّا كان الأسلوب الذي ننظر به إلى الأمر، فالبديهة تحثنا على جعلنا مركزًا «للعالم» من حولنا.

## اثنتا عشرة هرطقة

من هنا «لا توجد مصادفة» (بالتعبير الماركسي النمطي) في أنه قبل مجيء المسيح بثلاثة قرون، ومن ثم قبل مجيء كوبرنيكوس بثمانية عشر قرنًا من الزمان، تعرَّض أرسطرخس

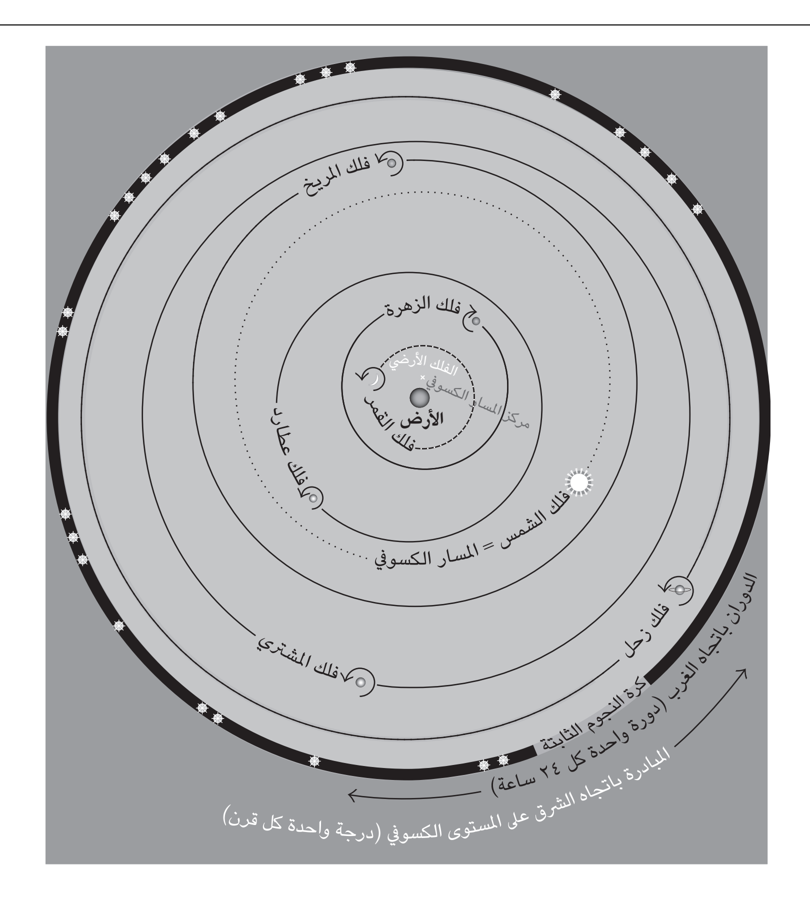
الساموسي للتوبيخ باعتباره مهرطقًا ومخطئًا: فقد تجرَّأ على القول إننا ندور في فلك الشمس!

هل ذكرت أن اسمه حُذِف من مخطوطة كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»؟ ربما شعر كوبرنيكوس بعدم ضرورة ذكر هذا المثال الكلاسيكي تحديدًا. هكذا قرأت. ومن ناحية أخرى، ربما لم يحدث الحذف إلا في اللفافة الحاوية للصفحة الحادية عشرة؛ أما في مواضع أخرى فقد ظل اسم أرسطرخس باقيًا. فما الذي نستنتجه من ذلك؟ هل كان الإقصاء مجرد مراوغة خبيثة، مثلها مثل مقدمة أوزياندر، مقصود منها إرضاء صائدي الأخطاء الذين ما كانوا ليقرءوا أبدًا ما بعد الصفحة الثانية عشرة؟ أم أنه كان بلا معنًى؟

على أي الأحوال، كان أرسطرخس الأول، وفق ما ذكره أحد الباحثين الكوبرنيكيين. أو — إذا كنت تفضل — لم يكن أولهم؛ فقبل أن ينقضي القرن الخامس قبل الميلاد بوقت قصير، وضع أحد الفلاسفة واسمه فيلولاوس نظرية منافية للعقل والمنطق تقول إن الأرض تدور حول نار مركزية تحترق من تحتنا. وتعلن إحدى سير القديسين أنه «من هذا الرأي، تبنَّى كوبرنيكوس فكرة أن الأرض تتحرك.»

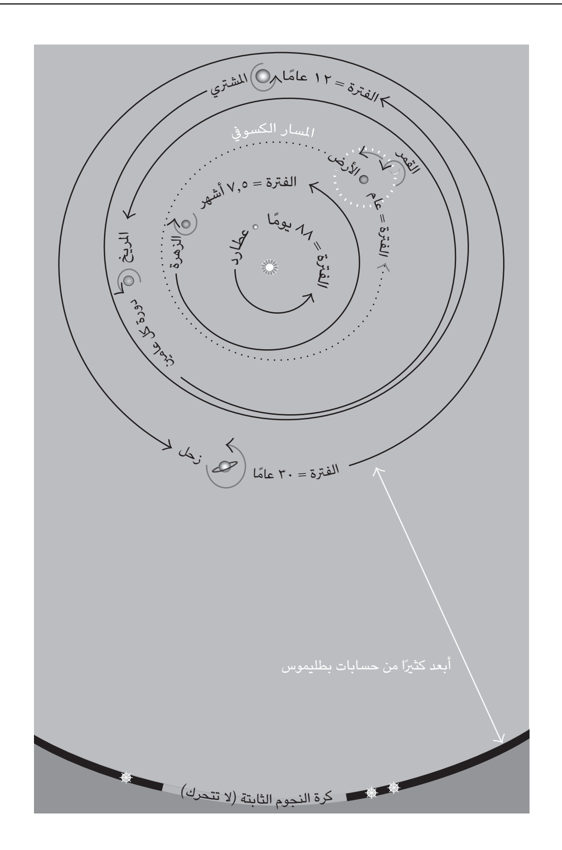
لم يكن الإجماع البطلمي عندما جاء استبداديًّا بأي حال؛ فمركزية الشمس يقال إنها «ذُكرت من قبل على لسان ما لا يقل عن اثني عشر فيلسوفًا بدءًا من أفلاطون وحتى كوبرنيكوس»، وكان بعض الأشخاص واسعي الأفق يدوِّنون ذلك أحيانًا. فمع اقتراب بدء القرن الثاني عشر على سبيل المثال، نجد عالمًا يُدعى أديلار أوف باث وقد عاد لتوه من دراساته للعلوم الطبيعية بين العرب ليشرح مختلف «التساؤلات في أمور الطبيعة»، وكان السؤال الخمسون منها هو «كيف تتحرك الأرض؟»

لكن أحد المعلقين يبدي ملاحظة حول عمل بطليموس العظيم يقول فيها إن هذا العمل كان من «الاكتمال والإتقان بمكان، حتى إنه في أغلب الأحوال يغطي مناهج الاكتشاف، ونظريته القائلة إن الأرض هي محور الكون لا يناقضها سوى أوهن الإشارات إلى معارضيها من أنصار مركزية الشمس.»




**شكل ٦:** كون بطليموس.

مقياس الرسم: غير معلوم. لا يزال ترتيب أفلاك الزهرة وعطارد والشمس مثار جدل. حُذفت أفلاك التدوير والموازِنات للتبسيط، لكن اتجاه الدوائر اللامتراكزة الخاصة بأفلاك التدوير مشار إليها.




**شكل ٧:** كون كوبرنيكوس.

المسافات النسبية بين الكواكب جرى حسابها في أيامنا هذه بالتقريب، وبالمثل جرى حساب الفترات الكوكبية. إن كون كوبرنيكوس يشبه الكون الذي نعرفه الآن، لو أننا لم نكن نملك تليسكوبات ولم نستبعد فكرة كرة النجوم الثابتة والحركة الدائرية المنتظمة.

في هذه النسخة المبسطة، أشير إلى الدوائر اللامتراكزة، وأشير بالكاد إلى أفلاك التدوير (لاحظ أن الأسهم تدور في الاتجاه المعاكس للاتجاه الذي نادى به بطليموس). وكالمعتاد، تركتُ الحركة المزعجة لعطارد وحدها.

## تبريرات بطليموس

فماذا إذن كانت حجج بطليموس المنادية بمركزية أرضنا؟

«لا بد» أن الأرض تقع في وسط جميع ما عداها، وإلا ما كان الأفق ليشطر سماء الليل مثلما يفعل على نحو بالغ الدقة.

لو كانت الأرض خارج المحور الذي يدور الكون من حوله، لكانت الاعتدالات تقع في أوقات متفاوتة، أو لا تحدث على الإطلاق. تذكَّر أن بطليموس عرَّف الاعتدالين فعلًا بأنهما نقطتان تقعان عند منتصف المسافة في محيط الدائرة الكسوفية الظاهرة، وهو ما يضيف بالتأكيد قابلية لفهم الطرح القائل إنه لو كانت الأرض موضوعة خارج مركز تلك الدائرة، لكانت الفترتان الفاصلتان بين الاعتدالين صارتا غير متساويتين (والقول بالقول يذكر، مَن ذا الذي يعبأ بالاعتدالين إذا تهاويا؟ ليس أقلهم أهمية هؤلاء المنجمون اليهود في العصور الوسطى؛ لأنه في تلك الأزمنة، وخلال فترة الانقلابين أيضًا، كان يقال إن الماء يصبح سامًّا).

الحجة التالية دفاعًا عن مركزية الأرض: لو كانت الأرض — فرضًا — واقعة إلى الشرق من المحور الكوني، لبدت النجوم الشرقية أكبر حجمًا من النجوم الغربية. وهو زعم محبط؛ إذ إن بطليموس أقرَّ بالفعل أن الكون هائل الحجم، وأن النجوم بعيدة بعدًا سحيقًا بما يكفي لعدم تمكننا من قياس «تزيُّح» أي نجم (سوف نناقش هذا المصطلح في أوانه عند بحثنا لمدار كوكب الزهرة). لماذا إذن كان من الواجب على أي امرئ أن يتوقع ملاحظة وجود تباينات في حجم النجمة نتيجة للتباين «الموضعي»؟ ولكن — وهذه النقطة يجب التأكيد عليها دائمًا — لم يفهم بطليموس ولا كوبرنيكوس بالفعل مدى اتساع الكون.

## الأفنية البولندية

كل تطور في تاريخ علم الفلك يحاكي تطورًا مثله في أروقة زمن كوبرنيكوس المقوسة. إننا نجتاز عتبة باب ضيق تفرضه علينا الضرورة؛ كي ندلف نحو فناء عالم آخر مفتوح

السماوات، وهو عالم الحرية، لكنا مع ذلك نظل بالداخل في حقيقة الأمر؛ فلا يزال الخطأ يحاصرنا داخل جدرانه، إلى أن نصل إلى النهاية الحقة؛ عندما حطم كوبرنيكوس وكبلر ونيوتن أسوار الكون؛ فلما تهاوت تلك الأسوار ألفينا أنفسنا وحدنا وسط ظلام هيرشل الذي لا نهاية له.

مع أنه لتلك الجدران صفة الديمومة، فإنها تميل إلى التشكُّل على هيئة أفلاك دائرية. ويقال إن أناكسيمينيس كان أول من تخيَّل كرة شفافة مفسرًا بها السماوات الدوارة. بعدها جاءت فكرة الأفلاك الستة والعشرين لإيدوكسوس (الذي افترض وجود أفلاك من داخل أفلاك)، ثم الثلاثة والثلاثين فلكًا لكاليبوس، والاثنين والخمسين فلكًا لأرسطو … كل فناء يفضي إلى مجاز مقنطر جديد، ثم إلى فناء آخر، وهلمَّ جرًّا.

في مخطط بارمنيدس، نحن نسكن داخل نيران؛ ثم يأتي القمر والنجوم والشمس معًا، ومن ورائها مزيد من النيران، وأخيرًا الطبقة الخارجية من بشرة الكون.

ويعزى الفضل لأتباع فيثاغورس كونهم أصحاب نموذج الدورانية السماوية؛ ولكن مَن يعلم لمن ينسب فضل السبق في ذلك؟ في محاورة أفلاطون «طيمايوس» نقرأ أن خالق الكون «صنع سبع دوائر غير متساوية الحجم بينها فواصل بمعدل اثنين وثلاثة … وأمر الأفلاك بالسير في اتجاه مخالف بعضها لبعض.» الشمس وعطارد والزهرة خلقت كي تدور بسرعة متساوية، في حين أن القمر والمريخ والمشتري وزحل أُمِرت بالحركة بسرعات غير متساوية مع سرعات سابقيها الثلاثة وكذا سرعة كلٍّ منها، ولكن في تناسب مباشر.

فكيف نعلم أن كرة النجوم الثابتة لا بد أن تكون أبعد كثيرًا عن الأفلاك الكوكبية؟ يقدم لنا كوبرنيكوس الإجابة العتيقة عن ذلك التساؤل: لأن النجوم تتلألأ أما الكواكب فلا.

سيظل كوبرنيكوس في منهاجه وفيًّا لعلم الكونيات القديم، مفترضًا وجود أفلاك دائرية وكروية. ولما أعاد تتبع خطى من سبقوه إجمالًا، بحث في أفنية الماضي عن كنوز كان يعتبرها الأنفس: المشاهدات السماوية. هل يتخيل نفسه أحيانًا وقد عاد إلى ذلك

الزمن القديم؟ إنه يهمهم هامسًا لنا: «في ذلك الوقت كان نجم الشعرى اليمانية في طريقه للإشراق على شعب الإغريق، وكانت الألعاب الأولمبية تقام، حسبما ذكر كاتو الكبير وغيره من الأدباء الموثوق بهم.»

## تأثير سلبي

لا أفتأ أذكِّر نفسي دومًا بأن كوبرنيكوس لم يكن يملك تليسكوبًا، وعوضًا عن تلك الأداة التي لم يكن أحد تخيلها بعد، كان مرجعه كتاب بطليموس «المجسطي».

أكثر ما يمسُّ مشاعري في كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» تلك المعاناة التي يعبِّر عنها من أجل تحرير العقل الإنساني من منظومة خاطئة، هي منظومة بطليموس. إنك تعلم الآن أن كوبرنيكوس حرَّر نفسه على نحو جزئي فقط من تلك المنظومة، التي أطلق عليها السير ريتشارد وولي يومًا اسم «أطول الطواغيت أمدًا». لقد تحدث وولي بصدق قائلًا: طيلة أربعة عشر قرنًا من الزمان ظللنا نؤمن بكون بطليموس ذي الأفلاك الدوارة الذي تعد الأرض مركزًا له! وقبل بطليموس بخمسمائة عام، افترض أرسطو نفس الفكرة تقريبًا. فمَن ذلك المعتوه الذي يمكنه الزعم بأن أرسطو ليس على صواب دائمًا؟

ومن ثم شرعتُ في قراءة هذا الكتاب ولدي عداء مبيت تجاه بطليموس، غير أنني وأنا منغمس في قراءة كتاب «المجسطي»، بدأت أفهم مقدار ما يدين به كوبرنيكوس ونحن جميعًا لذلك المُبوِّب الجامع الذي لم يكلَّ ولم يملَّ وهو يتتبع النجوم، العالم في نظريات الموسيقى والبصريات الجغرافي وعالم الهندسة. عندما يشرح بطليموس ماهية المسار الكسوفي، أفهم شرحه بقدرٍ يفوق كثيرًا ما أفهمه من تلك المراجع الفلكية الكثيرة المتاحة في أيامنا هذه. إن كوبرنيكوس من جانبه نادرًا ما يكلِّف نفسه مشقة تعريف المصطلحات؛ إنه يفترض أننا جميعًا قرأنا كتاب «المجسطي».

الأمر الأكثر إثارة للإعجاب بشأن هذه التحفة الفنية الأصيلة أنها تبدأ بمشاهدات وتفسرها وفق علم الهندسة. بطبيعة الحال فإن هناك أسلافًا سابقين مثل هيبارخوس فعلوا الشيء نفسه، ولكن «المجسطي» يقترب من الكمال علاوة على الاتساق، مقدمًا المثل

على نحو تام الإتقان على نوع من العقلانية الكمية التي تحول الظواهر التي ندركها بحواسنا إلى كيانات خاضعة للمعالجة الرياضية. في نهاية القرن العشرين، قدم أحد علماء الفلك تعريفًا لمنازل القمر على النحو التالي: هلال الشهر الجديد، التربيع الأول، البدر، ثم المحاق عودة إلى العرجون القديم، التي تشير إلى لحظات تكون فيها الفروق في البعد السماوي بين القمر والشمس على النحو التالي، على الترتيب: صفر°، ٩٠°، ١٨٠°، ٢٧٠°. إن هذا الأسلوب في التفكير، الذي وجدناه من قبل في التعريفات الهندسية التي ذكرها بطليموس للاعتدالين، يشجعنا على تخيل الأرقام الوسيطة، ورسم شكل بياني، وأن نرى بالنسب الدقيقة ما شهدناه بالفعل بالانسجام الفطري. إنه تراثنا الذي ورثناه عن الفلكيين القدماء، الذين يجب علينا أن نستثني منهم بطليموس: إن طاغوته كان الأطول عمرًا؛ لأنه كان الأكثر مثالية.

وهو يحتفظ بمعجبيه حتى يومنا هذا؛ فأحد مؤرخي علمَي الفلك والرياضيات القديمين، بعد أن أصرَّ على أن نظرية كوبرنيكوس تحمل شبهًا وثيق الصلة بنظرية «ابن الشاطر» — وهو أمر صحيح بالفعل — قائلًا إن «الاكتشاف المستقل أمرٌ لا ريب فيه البتة»، يستطرد في الاتجاه المعاكس قائلًا: «عليَّ أن أؤكد أنه بمجرد أن يطرح أحدهم نظامًا شمسيًّا تكون الشمس مركزه، فإنه يمكن للمرء على الفور العثور على أبعاده في «الوحدات الفلكية»[1] من المتغيرات الواردة في كتاب «المجسطي».»

بالمعايير الحالية، فإن أرقام كلٍّ من بطليموس وكوبرنيكوس كثيرًا ما تكون خاطئة؛ ومثال ذلك:

بعض الأقطار السماوية بالنسبة لبعض.

| | وفق حساب بطليموس | وفق حساب كوبرنيكوس | وفق حسابنا الحالي |
|---|---|---|---|
| القمر | ١ | ١ | ١ |
| الأرض | «قريب جدًّا من ٣ و٢ / ٥» | ١٫٣٥ | ١٫٨٤ |
| الشمس | ١٨ و٤ / ٥ | ٢٤٫٣ | ٤٠٠٫٠٢ |

عندما نذكِّر أنفسنا بأن حساباتهم أُجريت باستخدام البصر والبصيرة والدوائر النحاسية والمساطر المدرجة، تصبح تلك الأخطاء أقل إثارة للامتعاض؛ ومع ذلك، فإنني

أجد مبررًا قويًّا لقراءة أعمال بطليموس وكوبرنيكوس من قبل مؤرخين في أغلب الأمر، فمهمة أولئك ليست حساب القطر الفعلي للشمس، وإنما الجزم بمستوًى ملائم من الانحياز بأن الاكتشاف المستقل لأحدهم لأمر ما إما يداخله شك أو لا يداخله.

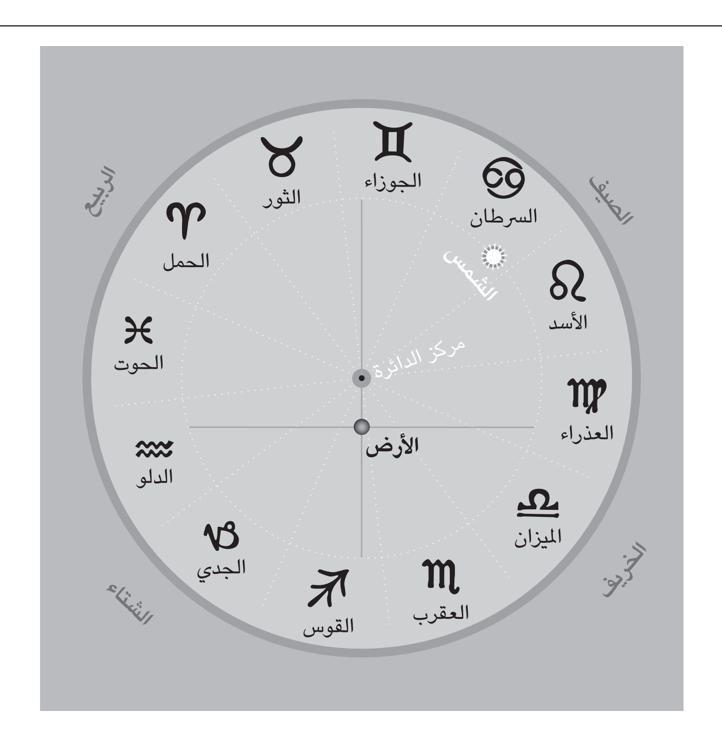
في حقيقة الأمر، حتى الآن لم نجد سوى اكتشاف مستقل بالغ الضآلة في كتاب «عن دورات الأجرام السماوية». مقدمة بقلم شخص آخر، فكرة أو فكرتان مأخوذتان عن الغير، ما محصلة كل هذا؟ «العالَم» لا بد أن يكون على هيئة كرة، حسبما كتب كوبرنيكوس. ومن شأن مراجعة سريعة لعمله مقارنة بالنص العظيم لمنافسه الراحل أن تؤكد أن هذا العمل، مثلما أراد هو أن يكون، عمل ثانوي يمكن الاعتماد عليه.

إن بطليموس يقدم منطقه برحابة تفوَّق فيها على كوبرنيكوس، وبمزيد من الوضوح، بل وبصورة أجمل إن جاز لي القول، ويزعم البعض أن منطقه يحوي قدرًا أقل من التعقيدات المبهمة، ويظل فكره أرقى من فكر كوبرنيكوس في كل الجوانب باستثناء أهمها التي يُعتقد أنها أكثرها صدقًا.

## أفلاك التدوير

يتمثَّل تاريخ العلم في كثير من الأحيان في العبارة التالية: المشاهدة تتغلب تدريجيًّا على البديهة. صحيح أن النجوم والكواكب تدور من حولنا؛ ولكن تقريبًا في عام ١٥٠ قبل الميلاد، طرح هيبارخوس الروديسي، الذي أثنى عليه كلٌّ من بطليموس وكوبرنيكوس، مركزًا كونيًّا «بالقرب من» الأرض لا فوقها ولا بداخلها تحديدًا؛ لأنه في نصف الكرة الأرضية الشمالي، يدوم الشتاء ١٧٨ يومًا، في حين أن الصيف يستمر ١٨٧ يومًا. تسمى تلك الدوائر السماوية المتطرفة حول الأرض «اللامتراكزات». إن إحساسي المستند تمامًا على عدم مركزية الأرض يراها حلولًا وسطًا بائسة في قضية وُجهت بطريقة خاطئة؛ أو بعبارة أخرى، هي جديرة بأن تنال أوسمة؛ لأنها حافظت علينا في مركز القلب من كل شيء لفترة أطول بقرون عديدة. وتقع اللامتراكزات في جيب ملائم من جراب حيل بطليموس، وقد استخدمها كوبرنيكوس بعد ذلك أيضًا. فكيف يفسر الخصوصية الموسمية التي لفتت انتباه هيبارخوس؟ حيث افترض العكس تمامًا، وتحديدًا أن «الأرض في دورتها السنوية

لا تدور مطلقًا حول مركز الشمس.» حسنًا ولِم لا؟ لا يزال للبديهة دور في الفهم؛ إن نزوة هيبارخوس الجديدة لا تقف في طريق الشموس التي تمر من أسفلنا ليلًا؛ وكوبرنيكوس لا يريد التنازل عن حقيقة الدائرية المثالية.




**شكل ٨:** المسار الكسوفي باعتباره دائرة لامتراكزة.

إننا نعلم الآن أن الأرض تدور حول الشمس على شكل قطع ناقص (وبسرعات متفاوتة)، وحتى ننقد الكون العتيق الذي كانت الأرض مركزه حسبما كانوا يعتقدون، وكذا مبدأه القائم على الحركة الدائرية المنتظمة، يمكننا التعبير عن «الظواهر» بوضع الشمس على دائرة مركزها بالقرب من الأرض، ولكن ليس عندها تمامًا.

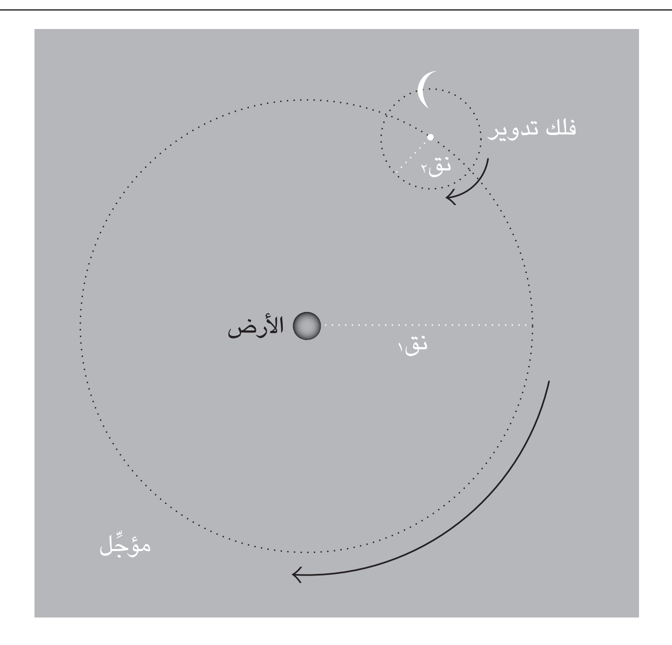
آه، الدائرية! حسنًا إنها ضرورية في حالة الأجرام السماوية، بلا شك، وهي تكشف عن نفسها بكل مثاليتها الأنيقة في الحالة التي يسميها بطليموس «الحركة الرئيسية»،

وهي حركة الدوران اليومية لكرة النجوم الثابتة من الشرق إلى الغرب، التي تحدث حول الأقطاب السماوية.

ولكن ماذا عن الحركة الثانية، أو «الحركات»، حسبما يجب عليَّ القول؟ أعني، ماذا عن الحركات المتوترة للكواكب؟ كيف يمكن أن نرضي تفكيرنا البديهي المتعلق بالدائرية في تلك الحالة؟

إن بطليموس وأسلافه يجدون سبيلًا، أو من وجهة نظرنا المنافية لمركزية الأرض، يرتكبون خطأ قاتلًا. إنه خطأ طبيعي ومغوٍ؛ وأيٌّ منا كان من الممكن أن يقع فيه. في حقيقة الأمر، المؤرخ الفلكي ذو العقلية العاشقة للرياضيات أسجر آبوا (الذي اعتاد على كيل المديح لبطليموس والذم في كوبرنيكوس) يعلق قائلًا: إن «نموذجًا فلكيًّا تدويريًّا بسيطًا يعتبر أسلوبًا معقولًا جدًّا لحساب، تقريبي، لسلوك كوكب ما عند مشاهدته من كوكب الأرض.» نموذج فلكي تدويري بسيط! ما مقدار البساطة التي يعنيها بالضبط؟

إن قاعدة شفرة أوكام — وهي أن أقل الفروض الجدلية تعقيدًا التي يمكنها تفسير جميع الحقائق تكون الأقرب للصدق — لم تكن قد ظهرت بعد، ولكن بطليموس بأسلوبه الخاص، يحاول أن يتبعه في كتابه «المجسطي»: «... من الضروري بادئ ذي بدء أن نفترض عمومًا أن حركات الكواكب في الاتجاه المعاكس لحركة السماوات جميعها منتظمة ودائرية بطبيعتها، مثل حركة الكون في الاتجاه الآخر.» أو بعبارة أخرى، يجب ألا تضللنا أي انحرافات ظاهرة عن الدائرية في أفلاك الكواكب؛ لأن الكون رشيد ومنطقي وأنيق (ألا تدفعنا البساطة في حد ذاتها للتفكير على هذا النحو؟) ومن ثم فإن الحل الذي قدَّمه بطليموس لتلك الانحرافات عقلاني ومنطقي وأنيق: إذا اعتبرت أفلاك الكواكب «بالنسبة لدائرة تقع في مستوى المسار الكسوفي متوحدة المركز مع الكون بحيث تكون عيوننا واقعة في المركز» — بمعنى، إذا نُظِر إليها بمنظور متميز يستند إلى كون تقع الأرض في مركزه — «فإنه من الضروري عندئذ أن نفترض أنها تؤدي حركاتها الاعتيادية المنتظمة ... مع دوائر أخرى محمولة عليها تسمى «أفلاك التدوير».» فلو أن مدار كوكب الزهرة يبدو غير منتظم، لوجب علينا بالضرورة أن نفترض وجود أي عدد ممكن من الدوائر من داخل دوائر حسبما يشترط علم الهندسة حتى نجعله منتظمًا!




**شكل ٩:** فلك التدوير (حسب الرأي البطلمي والكوبرنيكي).

يصور فلك التدوير البسيط المبين هنا القمر. كلتا الدورتين يجب أن تكونا دوائر تامة الاستدارة. وهذا الرسم يهدف لتحقيق أغراض تعليمية ليس إلا. أضاف كلٌّ من بطليموس وكوبرنيكوس تعقيدات إلى أوصافهما للمدار القمري. (مقياس الرسم غير حقيقي.)

إذن هذا هو الموقف: الحركة الالتفافية غير المرئية لكوكب الزهرة في نطاق مدار كروي لا يمكن بحال رؤيته يدور ربانيًّا وإلى الأبد فوق مستوًى كسوفي، هو في حد ذاته يتجه للانحراف باتجاه الشرق بمقدار حوالي درجة واحدة كل قرن (تذكر أن تلك كانت حسابات كتاب «المجسطي» للمبادرة). في حالة الزهرة، والحقيقة في حالة الكواكب الأربعة الأخرى كذلك، طبَّق بطليموس الفرض الجدلي الآتي: «الدائرة اللامتراكزة (أو المؤجل) التي يُحمل عليها دائمًا مركز أفلاك التدوير توصف بأن مركزها يقع في نقطة تشطر الخط المستقيم الواصل بين مركزَي المسار الكسوفي والدائرة المؤثرة على الدوران المتزن لأفلاك التدوير.» حيث تعد تلك الأخيرة هي ما يعرف بالموازِن.

ويقال إن أبولونيوس (٢٢٠ق.م) كان أول من وضع تصورًا يتعلق بأفلاك التدوير، غير أنني عجزت عن فهم السبب الذي جعل هذا الأمر غير ميسور لأناس غيره. قبل هيبارخوس، كان إيدوكسوس (توفي نحو عام ٣٥٥ق.م) قد اشترط أن تكون تلك الدوائر من داخل دوائر أخرى، أو أن تكون الأفلاك الكروية من داخل أفلاك كروية أخرى حسبما يجب القول، متمركزة حول الأرض، وتدور في حركة لولبية في آنٍ واحد في مستويات مختلفة كي تحقق الانبعاجات الكوكبية المطلوبة. للأسف فإن الكواكب تتباين أحيانًا في درجة لمعانها، وهو ما يعني ضمنًا أن المسافات التي تفصلها عن الأرض تتباين على نفس المنوال. ويشير بطليموس نفسه إلى أنه لو بدت النجوم وكأنها تغير أبعادها التي تفصلها عن الأرض، فإن مداراتها من حولنا لا يمكن أن تكون كروية؛ وهذه بالضبط هي الحال مع «النجوم السيارة». لا عليك. فهيبارخوس وبطليموس والباقون في نهاية المطاف يطرحون فكرة أن كل كوكب يسير في دائرة متحدة المركز مع محيط دائرة أكبر، وتلك بدورها متمركزة على محيط الأرض. يقال للدائرة الكبرى «المؤجل»؛ والصغرى، فلك التدوير. ويفترض الفلكيون من أتباع بطليموس أولًا أن كلًّا من هاتين الدائرتين تقع فوق المستوى الكسوفي، وثانيًا أنهما تشتركان في الحركة الرئيسية، وثالثًا أنهما تدوران في نفس الاتجاه.

هناك وسيلة أخرى لتفسير نفس تلك التعرجات الكوكبية؛ وهي أن نفترض أن مداراتها تتبع دوائر لامتراكزة بالنسبة للمسار الكسوفي. إن بطليموس على استعداد لتطبيق كل فرض جدلي على ما يبدو أنه السياق الأكثر ملاءمة: تعرجات حركات الكواكب فيما يتعلق بأجزاء من دائرة البروج أفضل سبيل لتفسيرها اللاتراكزية، أما شذوذ حركة الكواكب بالنسبة للشمس فيلائم أكثر أفلاك التدوير (الشذوذ حركة منتظمة تتسبب بالاشتراك مع حركة أخرى منتظمة في جعل تلك الأخيرة تبدو غير منتظمة)؛ ومن ثم، سوف يعلق كوبرنيكوس في كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» بقوله: «اكتشف القدماء في جميع الكواكب استطرادين في دائرة العرض يجيبان على التعرج ذي الشقين في خط الطول السماوي، أحد الاستطرادين يحدث بسبب لاتراكز أفلاك التدوير، والآخر يتفق مع أفلاك التدوير.»

هل هناك بالفعل أفلاك تدوير أم أنها لا وجود لها؟ حسنًا، من الأمثلة التقليدية على أفلاك التدوير دوران القمر حول الأرض، ويرى كلٌّ من كوبرنيكوس وبطليموس هذا الرأي (من فضلك نحِّ جانبًا حقيقة أن شرح كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» لمدار القمر يتطلب أولًا وجود فلك تدوير قهقري يتحرك في توازن حول مؤجل، ثم، يدور

حول هذا، فلك تدوير مباشر أصغر بكثير وبفترة زمنية مختلفة. من قال إن البساطة كانت أمرًا بسيطًا؟) ولو كانت الكواكب بالمثل تدور من حولنا، فلا بد أن نظرية فلك التدوير كانت ستفسر تلك الحركات. من ذا الذي تحدَّث عن فردوس علم الكونيات؟! إذن من الممكن للكون بسهولة أن يتشكَّل من الأجرام السماوية الثمانية المتنوعة الألوان، التي تحدَّث عنها أفلاطون، والتي تدور حول مغزل الضرورة، وجنية تشدو تسكن كل فلك، تصدح بمقامها الموسيقي الخاص بها الآن وإلى الأبد، وبهذا تصنع مع أخواتها الجنيات «سيمفونية الأفلاك الكروية».

قيل من قبل إنه «في كون بطليموس، اندمجت الرياضيات مع الفلسفة الأدبية، مما سمح لعالم الرياضيات بأداء وظيفة الفيلسوف، في الوقت الذي يكافح فيه من أجل محاكاة الصنع الإلهي.» وفي هذه الحالة، نادرًا ما يكون أهم ما في الموضوع البرهان العملي التجريبي. إذن من أكون أنا كي أعيب في أفلاك التدوير؟ حتى كوبرنيكوس نفسه لم يتمكن من المضي قدمًا بدونها. ويأتي عالِم فلك القرن العشرين السير برنارد لافل ليعلن في حماس: «هذا الجهاز العبقري لا يضم سوى ثلاث حركات دائرية منتظمة تمامًا، وهو يوضح بسهولة الحركة القهقرية العارضة للكوكب.»

حقيقة الأمر، مع تلك الدوائر يمكننا فعل ما هو أكثر من ذلك. نتتبع المسار والسرعة الزاوية لفلك سماوي، نشيِّد دوائر بالحجم الذي تتطلبه المشاهدة وعلم الهندسة، ويومًا ما، عندما يظهر كوبرنيكوس على الساحة، سوف يتبين أنك شيدت شيئًا أفضل مما كنت تظن. إن نصف قطر فلك التدوير المريخي طبقًا لقياسات بطليموس يبلغ ٣٩٫٥ وحدة (أو بحسب تعبيره هو، ٣٩ ثيتا و٣٠′)؛ ونصف قطر الدائرة اللامتراكزة لنفس المدار ٦٠. والآن، لو أننا ألغينا مركزية أرضنا إذعانًا للدوائر والزوايا الاضطرارية التي قدَّمها كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، فلسوف يتبين لنا أن نصف القطر اللامتراكز لأي كوكب يعادل متوسط بُعده عن الشمس، في حين أن نصف قطر فلك التدوير يقابل متوسط بُعد الأرض عن نفس النقطة. لا تشغلنك حقيقة أن أنصاف الأقطار اللامتراكزة لبطليموس لجميع الكواكب الأربعة (ومعها الشمس) تساوي ٦٠ وحدة في حين أن أنصاف أقطار أفلاك التدوير تتباين؛ هذا ببساطة خطأ بشري ناجم عن مشاهدات أُخذت من أرض تتحرك وليس من شمس ثابتة نسبيًّا. الحقيقة المهمة هي النسبة ذاتها. ففيما يتعلق إذن بالمريخ تكون النسبة ٦٠ مقسومة على ٣٩٫٥ أو ما يعادل ١٫٥١٨، وهو رقم يختلف بمقدار أقل من ١ في المائة عن متوسط البعد المريخي عن الشمس المحسوب حاليًّا ومقداره ١٫٥٢٤ وحدة فلكية.

باختصار، كان لافل على حق، والدوائر القديمة تمتلك بالفعل توافقًا تجريبيًّا، إن لم يكن برهانًا تجريبيًّا. فلِمَ لا نؤمن بأن إضافة دائرة أخرى، أو مائة دائرة أخرى، سوف يفسر على نحو مثالي دورات الأجرام السماوية في النهاية؟ لا عجب أن هيبارخوس وصل به الأمر إلى اختراع فلك تدوير صغير رقيق لمسار الشمس …

## رسم تخطيطي لطاحونة مائية

أمامي الآن رسم ميكانيكي لقطاع عرضي لجهاز رفع مياه (ساقية)، يعود تاريخ رسمه لحوالي عام ١٦١٥، وهو نفس التوقيت تقريبًا الذي حُظر فيه كتاب «عن دورات الأجرام السماوية». حول دائرة مركزية مسننة (وهي للمفارقة تشبه شكل قرص الشمس)، توجد حلقة ذات عقد تذكِّر خطوطها أي إنسان وفيٍّ لمبدأ نيوتن بمتجهات الحركة، وهي متصلة عن طريق أذرع كانت مرئية في الرسم الهندسي السابق، وليس في هذا الرسم. لما كانت الضرورة تحتم تقليص الأبعاد الثلاثة للمجسم إلى اثنين فقط كون الرسم لمقطع عرضي، فإن هناك حلقة أخرى مسننة موجودة بالفعل وهي موازية لابنة عمومتها ذات العقد تبدو أنها مركبة عليها مباشرةً، ومن الواضح أنها تدور حول محيطها كما لو كانت تسير حول ترس مركزي يشبه قرص الشمس.

عندما شاهدتُ هذه الصورة لأول مرة، كان ردِّي التلقائي: فلك تدوير! وفيما يبدو فإن فلك التدوير هذا يسير وفق قوانين الفيزياء التي أومن بها. أليس من الممكن للتروس المسننة أن يدفع بعضها بعضًا للدوران؟ فلو أننا افترضنا — مثلما كان على أنصار بطليموس أن يفعلوا — وجود عجلات غير مرئية يدير بعضها بعضًا داخل الأثير السماوي، فإن الكون الفلكي التدويري يصبح بذلك حقيقة مؤكدة مثله مثل رسم تخطيطي لطاحونة مائية.

## الموازِنات

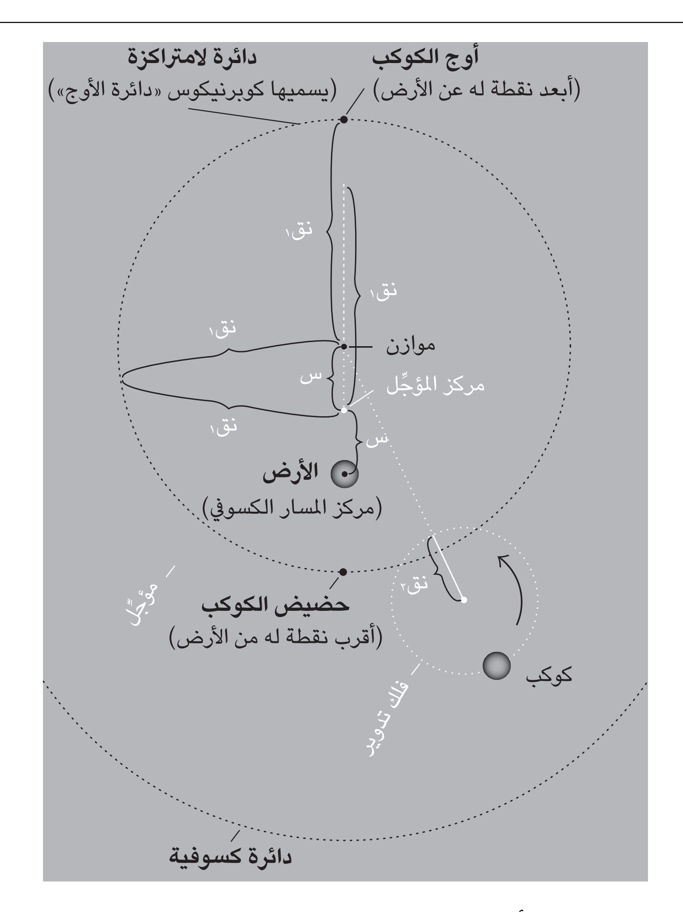
بعد مزيد من الحيرة بشأن جوانب شذوذ الكواكب الخمسة المعروفة حتى ذلك الحين، يتخذ بطليموس خطوة أخرى مبتعدًا بها عن البساطة، وعن أرسطو، وأخيرًا عن الحقيقة، مستنتجًا أن «مراكز أفلاك التدوير محمولة على دوائر مساوية للامتراكزات تؤثر في جوانب الشذوذ هذه، «لكنها توصف حول مراكز أخرى.» وتلك المراكز الأخرى، في حالة جميع الكواكب عدا عطارد، تشطر الخطوط المستقيمة الواصلة بين مراكز اللامتراكزات المؤثرة في هذا الشذوذ ومركز المسار الكسوفي.» بعبارة أخرى، لم يتوقف الأمر عند تحريك المركز

بعيدًا عن الموضع الذي تضعه فيه البديهة — أي على الأرض، معنا — إلى أي نقطة كانت تعوض بدرجة معقولة الانحرافات المرصودة، مثلما حدث في الدائرة الشمسية اللامتراكزة لهيبارخوس؛ وإنما صارت حركة الكوكب الآن غير متغيرة ليس فقط من حيث مسألة المركز، وإنما فيما يختص بنقطة ما جديدة، محسوبة هندسيًّا، وبفضلها وحدها يمكن جعل مسار الكوكب من حولنا غير متباين. هل يبدو المريخ يسرع أحيانًا ويبطئ أحيانًا أخرى أثناء دورانه الدوامي حول الأرض؟ لا يمكننا أن نحصل على هذا! إذن دعونا نفترض وجود مركز واحد لمداره، ومركز آخر «لسرعته المنتظمة» (وهنا دعوني أذكر فارقًا واحدًا بين كوبرنيكوس وبطليموس: سوف يصرُّ كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» على أن السرعة واحدة حول مركز مادي هندسي، حتى إذا لم يكن ذلك المركز سوى محيط موازن؛ في حين أن كتاب «المجسطي» اشترط السرعة الواحدة فقط فيما يتعلق بنقطته المحسوبة رياضيًّا). في موضع ما، ومن منظور ما، يجب أن يمر كوكب الزهرة عبر نفس العدد من الدرجات القوسية في كل شهر. سوف نحدد هذا في موضع ما هندسيًّا؛ إذ إننا مصرون على أن مدار الزهرة يظل دائريًّا.

من بين سبل شرح أفلاك التدوير والموازنات القول إن الكوكب المعني «يتأرجح كالبندول حول موضع متوسط.» أليس الإطار المرجعي يكاد يشكل كل شيء؟ لو كانت أفلاك التدوير والموازنات قادرة على أن تؤدي وظيفة (مستخدمين من جديد تعبير أبوا) عمليات تقريب معقولة من إطار مرجعي قبل تليسكوبي لصيق بالأرض، فلماذا نثير اعتراضات تافهة؟

ويشير آر كاتسبي تاليافيرو، الذي ترجم الطبعة التي أمتلكها من كتاب «المجسطي» إلى أن:

> ذلك التوسيع لنطاق مبدأ الميكانيكا السماوية من أجل إفساح حيز لمركز فلك الدوران للتحرك بانتظام حول نقطة ما غير مركز مؤجلها شكَّل في رأي كوبرنيكوس فضيحة مدوية لنظام بطليموس، وهي تلك الفضيحة التي تمكن كوبرنيكوس بفضل نظامه الخاص من القضاء عليها فقط على حساب الظواهر البادية.




**شكل ١٠:** الموازن (حسب رأي بطليموس فقط).

هذا شكل معمم للدورات التي تعتبر الأرض مركزًا للكون حسب رأي القدماء، وهو يصور جميع الكواكب باستثناء عطارد، الذي أعفيك من انحرافاته.

للتبسيط، يفترض بطليموس أن الدوائر الثلاث جميعها تقع في المستوى الكسوفي، مع أن اعتبارات دائرة العرض تشترط علينا إمالة زاوية فلك التدوير بالنسبة للدائرتين اللامتراكزتين، وهو ما سيعني أنه بدوره سيكون مائلًا خارج المستوى الكسوفي.

نصف قطر فلك التدوير هو نق٢. والدائرتان الأخريان متساويتا المساحة؛ بمعنى أن نصف قطر كلٍّ منهما يبلغ طوله نق١.

يقطع مركز المؤجل الخط الواصل بين الموازن (وهو مركز دائرة الأوج) والأرض (مركز الدائرة الكسوفية).

ويُحمل فلك تدوير الكوكب حول المؤجل حسبما هو معتاد، ولكن قطر فلك التدوير يشير دومًا إلى الموازن. والحركة الكوكبية لا تكون منتظمة إلا بالنسبة للموازن.

(مقياس الرسم: متباين وغير معلوم.)

ومن ثم، سوف يكون موقف كوبرنيكوس موقفًا راسخًا؛ فهو لن يسمح بوجود موازِنات في كتابه. إنه يعترض على عطارد بطليموس بقوله: «وهكذا كانت هناك ثلاثة مراكز، وهي تحديدًا مركز الدائرة اللامتراكزة التي تحمل فلك التدوير، ومركز الدائرة الصغرى، ومركز الدائرة التي يسميها المعاصرون الموازن. لقد تغاضوا عن الدائرتين الأوليين وأقروا بأن فلك التدوير لم يتحرك بانتظام إلا حول دائرة الموازن، التي كانت أكثرها بعدًا عن المركز الحقيقي، وعن نسبته، وعن كلا المركزين القائمين. غير أنهم حكموا بأن ظواهر هذا الكوكب لا يمكن إنقاذها بأي مخطط آخر ...» أو بعبارة أخرى: «إن العقل يرتعد.»

كان كوبرنيكوس الوحيد تقريبًا الذي لم يقتنع بمسألة الموازنات؛ فقبل نصف قرن من ظهور كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، نجد العالم المسلم العظيم العلَّامة البيروني يشكو من أنه في بعض الأنحاء يبدو:

> من الممكن تخيل وجود سرعة متباينة للشمس حول مركز الكون، وسرعة واحدة حول مركز مختلف ... و... من الممكن، أيضًا، في حالة الكواكب تخيل سرعات متباينة لمراكز أفلاك تدويرها، حول محيط مؤجلاتها اللاتراكزية، وسرعات واحدة حول مراكز موازناتها. لو كان كل هذا ممكنًا، لأمكن توجيه نقد بالغ الشدة إلى النزاهة الأخلاقية لأولئك الناس.

والمقصود بـ «أولئك الناس» فلكيو بطليموس.

في رأيي الخاص أن البيروني كان محقًّا؛ فالموازنات كانت أداة مهترئة، غير أنه لا يمكنك أن ترضي الجميع ولا أن تستفز الجميع، لا سيما في تاريخ العلوم؛ فجيكوبسن على سبيل المثال، يكتب لكوبرنيكوس هذه المرثية على ضريحه فيقول: «كانت النتائج التي

توصَّل إليها في معظمها ليست بأكثر دقة من تلك التي توصَّل إليها بطليموس، ولكنها من زاوية ما كانت أقل، إذ إنه تخلَّى عن مبدأ الموازنات محبِّذًا الحركات المنتظمة.»

## أمثولة الجداول الألفونسية

دعونا نتحدث عن الدقة. وعلى ذات المنوال، دعونا نتحدث عن البساطة.

ربما كان أتباع بطليموس يتسمون بالنزاهة، وربما لا، لكن على أي الأحوال، هم يجعلون البحارة والمنجمين سعداء دومًا لتنبُّئهم بمسارات «النجوم السيارة» بدرجة ما من الدقة. لقد كان الحس السليم متسقًا دومًا مع المشاهدة.

هل ترغب في معرفة موقع الشمس في أي وقت معلوم؟ إن في استطاعة بطليموس أن يساعدك على تحديد ذلك. «وهكذا سوف نبين جدولًا لجوانب الشذوذ الحادث للشمس مكوَّنًا من خمسة وأربعين صفًّا وثلاثة أعمدة.» وماذا بعد؟ إنه يستنتج بعد أن اجتهد في حساب مشاهدات القدماء للاعتدالين الشمسيين، أنه على مدار تلك السنوات المصرية الـ ٨٧٩، والأيام الـ ٦٦ والساعتين الاستوائيتين، سارت الشمس مسافة معينة في المتوسط، نقَّحها وصحَّحها هو على نحو مفهوم وفق هندسة النقاط الاعتدالية فوق دائرة المسار الكسوفي مع أفلاك تدويرها الملازمة لها. إذن:

> كلما رغبنا في معرفة مسار الشمس في أي وقت، بأخذ إجمالي الزمن الذي مضى منذ بداية التقويم حتى التاريخ المفترض بالرجوع إلى التوقيت في الإسكندرية ثم نقله إلى جداول متوسط الحركة، ثم نضيف درجات تقابل أعدادًا محددة إلى ١٥′ ٢٦٥° للمسافة التي حصلنا عليها سابقًا، ونرسم دائرة كاملة، ثم نطرح الباقي من ٣٠′ ٥° في إطار برج الجوزاء بالرجوع إلى الوراء (أي من الغرب إلى الشرق بدلًا من الاتجاه من الشرق إلى الغرب) بترتيب البروج الشمسية، وكلما حصلنا على رقم، نوجد متوسط مسار الشمس.

هذه هي نتيجة إخلاص بطليموس للبساطة، لكن الكون نفسه لم يكن قطُّ بسيطًا؛ وأي معادلة لا تكون ناجحة إلا إذا كانت عملية، وهو ما يعني أنها فعالة في إطار حدود المشاهدة، حتى إذا ظلَّت مستندة إلى نفس تلك الأخطاء التي اعتبرها البيروني شديدة الفداحة، مثل فكرة أن مركز دائرة الكسوف الشمسية يسرع ويبطئ عند نقاط مختلفة من المسار الشمسي. كما ذكرنا من قبل، فإن الحركة الشمسية الظاهرية تتباين بالفعل.

في كل الأحوال، فإن أمل بطليموس في أن يكون بالإمكان ترجمة الحركات اللولبية الظاهرة غير المنتظمة للكواكب ترجمة مقبولة إلى حركات حقيقية مثالية؛ يبدو في الغالب على وشك التحقق. في مقابل الفقرة البائسة التي اقتبسناها لتوِّنا دعونا نتدبر العبارة التالية التي لا تقل عنها نمطية من كتاب «المجسطي»: «الزاوية عند «ب» التي تحوي المسار المعتاد للنجم على فلك تدويره» (تذكر أنه وفقًا لرأي بطليموس، لم تكن الكواكب سوى فئة فرعية مزعجة من النجوم) «هي دائمًا الفارق بين الزاوية عند المركز «ف» الذي يحوي الحركة المعتادة للنجم على خط الطول والزاوية عند «هـ» هي التي تحوي حركته الظاهرة أمامنا ...» باختصار، الفارق بين ما نراه وبين الحقيقة التامة ليس سوى زاوية أو اثنتين. هذه البساطة، أو ما يقرب من البساطة، أو الوهم الذي تنطوي عليه، يجعل الموازنات أمرًا مقبولًا لدى «أولئك الناس».

ولكن مع دوران القرون حول الأرض الساكنة بلا حراك، تخلَّى البطالمة أكثر وأكثر عن البساطة. وبحلول عام ١٢٥٢، عندما طلب ألفونسو العاشر ملك قشتالة من الفلكيين العمل في رسم الأوضاع الكوكبية في الحاضر والمستقبل، كانوا بحاجة إلى عقد كامل من السنوات، واستخدموا العديد والعديد من الدوائر من فوقها دوائر ومن حولها دوائر وبداخلها دوائر، ما دفع الملك إلى مكافأتهم بهذه العبارة الموجزة: لو أنه كان واقفًا عند كتفَي الخالق أثناء خلقه للكون، لصلَّى له من أجل أن يكون ترتيب الأجرام السماوية أبسط من هذا.

## أمر واحد له تداعيات عديدة

من هنا فإنه عندما ألَّف كوبرنيكوس كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، كنا لا نزال تائهين في زمن يصفه هو، في مقدمة الكتاب الأول، بأنه «لا يمكن تحديد مسارات الكواكب ودورة النجوم عن طريق حسابات دقيقة واختزالها في معرفة مثالية»، نختلف فيه على كم المؤجلات وأفلاك التدوير[٢] عندما كانت لا تزال حتى مدة العام الواحد غير معلومة. كان هدف كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» في معظمه هو إظهار البساطة الفائقة لمبدأ مركزية الشمس في تحديد كل تلك الأمور، ألم يعجز بطليموس والجداول الألفونسية عن حلها؟ إن كوبرنيكوس الساخط يستحضر شفرة أوكام: «علينا أن نتبع حكمة الطبيعة، التي، في حرص منها على ألا تنتج أي شيء زائد عن الحاجة أو لا طائل من ورائه، تحبِّذ في أغلب الأحوال أن تجعل للشيء الواحد العديد من التداعيات.»

# شروح: الكتاب الأول، الجزء ٥

يتابع كوبرنيكوس حديثه قائلًا: «الآن وبعد أن تبيَّن أن الأرض أيضًا على هيئة كرة، أعتقد أننا يجب أن نفهم ما إن كانت هناك حركة ما تتبع هذا الشكل أم لا.» بطبيعة الحال يكاد يُجمِع الكل على أن الأرض «مستقرة في مركز العالم»؛ وعلى نفس المنوال، يواصل بأسلوبه المعتاد الذي ينطوي على حذر خفي: «المسألة لم تحسم بعد، ويجب عدم الاستهزاء بها على الإطلاق.»

كي نثمِّن حجته الجديرة بأن توصف بالثورية بحق؛ وكذا الموقف الثابت لمعارضيه، لن يكون سردنا الموجز للتطور في علم الكونيات كافيًا تمامًا. إننا بحاجة أيضًا لأن نتذكَّر أن فيزياء الحركة مثلما كان يفهمها الجميع وقتئذٍ، كانت مختلفة وقتها تمامًا عن ميكانيكا نيوتن التي نستخدمها الآن على نحو اعتيادي بنفس قدر اختلاف العقائد الوثنية عن عقيدة الإله الواحد؛ في الواقع، تاريخ نظرية الحركة عبارة عن تدرُّج من التعددية إلى التوحيد، وعلينا الآن إيجاز شيء من ذلك التاريخ.

# ما كنا نؤمن به: الحركة

يجري الماء منحدرًا من أعلى التلة، نحو المحيط، وتتهاوى الصخور نحو الأرض التي أتت منها، غير أن ألسنة اللهب تتعالى في عنان السماء نحو النجوم؛ والهواء كذلك يعلو ويرتفع، وهو ما نراه عندما نرى فقاقيع السابح في الماء؛ ومن ثم فإنه من الواضح بديهيًّا أن كلًّا من تلك العناصر الأربعة يسلك سلوكًا يتفق مع طبيعته الخاصة، عائدًا إلى مكانه الطبيعي بميله الفطري. أليست هناك طبيعةٌ نارية جوهرية تدفع اللهب للصعود عاليًا، ونوعٌ من الطبيعة المائية المضادة للصعود تمنع النبيذ المسكوب من أن يحذو حذو النار؟ كلٌّ من الملاحظة والحس السليم يتفقان في وقوفهما ضد ما يسمى بنظرية «الجاذبية»؛ لأن النار والهواء لا يسقطان لأسفل!

من تلك المشاهدات التي تؤكد ذاتها، ظهرت إلى الوجود نظرية حركة عاشت أمدًا طويلًا، ولم تكن مقتصرة فحسب على الحركة وحدها، وإنما سادت علم الكيمياء القديم والطب (أَتذكُر مسألة «الأخلاط الأربعة»؟) والكيمياء وعلم الفلك. وقد انتشرت العناصر الأربعة وتغلغلت في أغلب الجوانب التي يمكن تخيلها على ظهر تلك الأرض مركز الكون، تامة الاتزان، وهي الفكرة التي سوف يقدم كوبرنيكوس يد العون في تسديد ضربة قاضية إليها. ومن أمثلة ذلك، أنه كان لكل فصل من فصول السنة الأربعة عنصره الخاص به: فالبرودة الجافة للخريف كانت تمثل الأرض أو عنصر التراب، أما البرودة الرطبة في الشتاء فكانت تمثل الماء، والدفء الرطب في فصل الربيع كان يمثل الهواء، وهكذا. وكان لذلك تداعيات فسيولوجية متوافقة تمامًا؛ فعلى سبيل المثال: «الدم، الذي يزداد ويكثر في الربيع، رطب ودافئ»، ولأن الكون كان متناغمًا، فإنه حتى في أفلاكه السماوية يمكن وصفه على ذلك النحو؛ ومن ثم كان في استطاعة الفلكي الشهير ألبرتوس ماجنوس أن يؤكد لنا أن زحل يتسم ببرودة قارسة وجفاف، في حين أن المشتري بارد ورطب إلى حدٍّ رحيم …

هل ترغب في تحضير عطر متلائم فلكيًّا مع كوكب الزهرة؟ حسنًا، «خذ مسكًا، وعنبرًا، وصبارًا خشبيًّا، وورودًا بلديًّا أحمر اللون، ومرجانًا أحمر، واخلطها بمخ عصفور ودم حمامة.» إذا أمعنًّا النظر ولو لبرهة في تلك المكونات لوجدنا تفسيرًا معقولًا لها: فالزهرة كوكب متوافق مع فينوس إلهة الحب (بالطبع كمالها أمر مقصود هنا؛ وهي بطبيعة الحال تدور من حولنا في دوائر مثالية!) وما الذي يمكن أن يكون أكثر توافقًا مع الرومانسية من مكونات حمراء بلون الدم ممتزجة بروائح عطرة؟ تمامًا مثلما يحكم كوكب الزهرة بعض الجوانب فينا على الأرض، كذلك يمكننا أن نؤثر في نواحٍ فيه مستخدمين في ذلك أي مواد فينوسية الطابع تقدمها لنا الأرض.

وكلما أطلنا النظر إلى كون ما قبل كوبرنيكوس، وجدنا المزيد والمزيد من حالات التناغم. إن غياب تلك الحالات الآن يعد سلاحًا ذا حدين.

## الوضع الملائم للأرض

نعود إلى موضوع الحركة. نحن النيوتِنيين وما بعد النيوتِنيين نؤمن بالقصور الذاتي للسكون والقصور الذاتي للحركة، أما القدماء فكانوا يؤمنون «بقصور ذاتي للوضع الملائم». في علم الكونيات الذي كان بارمنيدس يعتقد فيه كان لديه مبرر قوي لاحتواء عالمنا داخل كرة من النار؛ أما أناكساجوراس فكان لديه مبرر لا يقل عنه قوة لافتراض أن الفضاء الخارجي عبارة عن أثير مكوَّن من حرارة، ألا ترتفع النار لأعلى وتسمو فوق العناصر الثلاثة الأخرى المنافسة لها؟ ألا يصير الهواء أكثر ندرة فوق قمم الجبال؟ (الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر: ٢١١٦ رطلًا/قدم مربعة. وعلى ارتفاع ١٠ آلاف قدم، يُحدِث نفس الحجم من الهواء قوة ضغط لا تزيد على ١٤٥٥ رطلًا؛ و٢٢,٦ رطلًا على ارتفاع ١٠٠ ألف قدم؛ و٠,٤٤ رطل على ارتفاع ٢٠٠ ألف قدم. فكيف يمكن لأي امرئ أن يعارض مسألة أن الهواء لصيق بموضعه فوق الأرض وفوق الماء، وينفد مع الارتفاع؟)

بهذا المنطق، لا بد للشمس أن تكون مصنوعة من نار: فأشعة الشمس تمنحنا الدفء؛ ليس هذا فحسب، وإنما الشمس أيضًا تتحرك في أرجاء السماء، وهو الموضع المرتفع الذي تصل إليه نيران الأرض؛ ومن ثم فإن الأجرام السماوية الأخرى لا بد أن تكون مصنوعة هي أيضًا من النار. والوضع الملائم للنار أن تكون أعلى من كل ما عداها.

من هذا المنطلق يكتب أرسطو قائلًا إن كل الكيانات الطبيعية (أي التي ليست من صنع الإنسان) «تملك بداخلها قاعدة للحركة والسكون (فيما يتعلق بالمكان، أو بالنمو

والنقصان، أو بأسلوب التغير).» وبعدها بتسعة عشر قرنًا من الزمان — تسعة عشر قرنًا! — يعيد كوبرنيكوس في إذعان تكرار تلك المقولة معلنًا أن «الماء، الذي يجري بطبيعته متدفقًا يبحث دومًا عن أماكن دنيا.» زد على ذلك أن «التراب أثقل العناصر؛ وجميع الأشياء أيًّا كان وزنها محمولة فوقه وتسعى للحركة نحو مركزه.» هذا هو المنطق الذي يزعم أرسطو من خلاله أن كوكب الأرض، لكونه مصنوعًا من التراب، يجب أن يكون في المكان الطبيعي لذلك العنصر؛ أي في مركز الكون.

ومن ثم فإن من بين مهاجمي كوبرنيكوس، شخصًا بعينه من العلماء الدومينيكانيين يدعى جيوفاني ماريا تولوساني، يرى الكون على النحو التالي:

> لما كان كوبرنيكوس لا يفهم الفيزياء ولا المنطق، فليس من المدهش إذن أنه أخطأ في رأيه هذا ... إذ إن كوبرنيكوس يضع الشمس غير القابلة للتدمير في موضع تكون فيه عرضة للدمار. ولما كانت النار بطبيعتها تتجه لأعلى، فإنها غير قادرة، إلا من خلال قيد ما، على أن تظل لأسفل قرب المركز، ويكون هذا موضعها الطبيعي، مثلما اعتقد أنصار فيثاغورس خطأً.

## حركة طبيعية أم قسرية

والآن، ما «تعريف» الحركة؟ إن أرسطو يقسِّمها إلى أفرع، فيما يبدو على النحو الذي نقسمها به نحن، إلى «ما يوجد في حالة إشباع فقط»، وما يوجد في صورة طاقة وضع فقط، وما يوجد جزئيًّا في صورة طاقة وضع وجزئيًّا في حالة إشباع. الحقيقة أننا لا نزال نستخدم تعبير «طاقة الوضع» في وصف القوة التي تسكن وزن كتلة معلومة عند ارتفاع معلوم، أو مثلما وصفها مرجعي القديم في الفيزياء على نحو أكثر دقة وأقل تنميقًا من الناحية البلاغية: «الطاقة التي تمتلكها منظومة ما بفعل كيفية تنظيمها.» لكننا نشاهد الطاقة، وكذا المادة، من زوايا أكثر شمولية مما شاهدها أرسطو؛ إذ يمكننا مقارنة حركة الهواء بحركة الماء، مستخدمين نفس المصطلحات لهذين العنصرين المتضادين: الكتلة والوضع والسرعة والعجلة والمسافة والاتجاه والاحتكاك. ومن بين أكثر الأدوات نفعًا التي صرنا نمتلكها الآن لإجراء تلك المقارنة:

> **القانون الثاني لنيوتن**
>
> القوة تساوي الكتلة مضروبة في العجلة.

هذا القانون يؤدي إلى الاستنتاج شديد الغرابة — وإن كان صحيحًا مع ذلك — بأن كتلة أي جسم مادي أيًّا كانت هي القوة الواقعة على ذلك الجسم مقسومة على عجلته. مثال ذلك أن الكيلوجرام الواحد يساوي قوة بقيمة واحد نيوتن لكل متر لكل ثانية (النيوتن يساوي ٣٫٦ أوقية). عندما نضيف إلى تلك الخصوصية الحقيقة الأكثر خصوصية منها، وهي وجود ثابت للجاذبية، فإن بضعة تحويلات جبرية بسيطة تتيح لنا تحديد كتلة الأرض، على سبيل المثال، دون الاضطرار لوضعها على ميزان سماوي: نصف قطر مدار القمر ومدة الفترة القمرية (الزمن الذي يستغرقه القمر لإتمام دورة واحدة كاملة حول الأرض) هي كل ما نحن بحاجة إليه! يمكننا حساب كتلة الشمس بنفس الطريقة من فترة ونصف قطر مدار المشتري، وكذلك من فترة ونصف قطر فلك الزهرة. «إن العقل يرتعد.»

غير أن هذه القاعدة ظلت مجهولة لأرسطو، بل وحتى لكوبرنيكوس؛ فالأول قرر في حزم أنه «لا يوجد شيء اسمه حركة «فوق» الأشياء» المتحركة. فحركة الماء تختلف اختلافًا جوهريًّا عن حركة النجوم. «إن حدوث تغيُّر في شيء ما دائمًا ما يكون مرتبطًا بالمادة أو بالكمية أو بالنوعية أو بالمكان.»

إذن أرسطو وقد زعم أن لكل عنصر قانونه الطبيعي الخاص به، و«فضيلته» الخاصة به، يمضي بمنتهى المنطقية إلى استنتاج مفاده أن حركة جسم ما ربما كانت: (أ) راجعة لطبيعته؛ (ب) قسرية، بمعنى أنها ضد طبيعته، أو (ج) خليطًا بين الاثنتين. على سبيل المثال، حركة الماء عند رفعه باستخدام دلو، هذه حركة قسرية، مضادة لطبيعته الميالة للتدفق إلى أسفل. لا توجد حركة «طبيعية» في عرف أرسطو يمكن للماء من خلالها الصعود لأعلى، وأي هندسي أو فلكي أو غيرهما من الحالمين يفترض وضعًا يحدث فيه ذلك (على سبيل المثال: التبخر) يخسر المعركة مقدمًا. وهكذا هاجم الأب تولوساني — الذي سنلتقيه مجددًا في ظرف أكثر تهديدًا — كوبرنيكوس بعنف على النحو التالي:

> لا يمكن للجسم البسيط أن تكون له حركتان طبيعيتان متضادتان؛ إذ إننا نرى التراب يتحرك بطبيعته نحو مركز الأرض بسبب ثقله الطبيعي، لكنه لو قيل إن الأرض تدور، فإن حركتها الدائرية تكون قسرية وليست طبيعية؛ ومن ثم فإن فرضية كوبرنيكوس مستبعدة تمامًا.

## الكمال وفق الإرادة

لم يكن تعريف أرسطو للحركة أكثر ارتباطًا بطبيعة الشيء من تعريفنا لها فحسب، وإنما كان أيضًا أكثر جوهرية بكثير، حتى إنه اقترب من علم الوجود؛ فهو يتضمن عنصر «الفعل المحرك». «إن الحركة ما هي إلا تحقيق لحالة الوضع بوصفها حالة وضع.» فعندما نقول: «لقد دُفعت دفعًا لفعل ذلك»، فإننا نستخدم هنا مصطلحات الحركة على نفس النهج الذي يتبعه أرسطو أحيانًا. الحقيقة أنه في كتاب «فوق السماوات» نجد أرسطو في بعض الأحيان يتحدث عن حركة إرادية للنجوم؛ وهذه وجهة نظر بالغة القدم، وهي متفقة تمامًا مع ميلنا البشري لاعتبار الكون مهمًّا بسبب كونه ذا حس. من الصحيح إذن من الزاوية النفسية والروحية، أو إن كنت تفضل، من الجميل ببساطة أن تعتقد ذلك. ولهذا السبب من الممكن أن تبدو معادلة بطليموس بين الرياضيات والفلسفة جذابة للغاية. فقبل أرسطو، افترض إمبدوكليس أن الحب قوة محركة للكون، وبعده بزمن طويل، يختتم دانتي قصيدته الشعرية العظيمة برؤية لثلاث دوائر من قوس قزح والنار؛ «هنا أخفقت القدرة في بلوغ الخيال السامي؛ وصارت رغبتي الآن وإرادتي، كعجلة تدور بانتظام، أُديرت بالحب الذي يحرك الشمس وسائر النجوم الأخرى.»

لو أننا افترضنا أن كمالًا ما يمتلك إرادة هو السمة الجوهرية التي تحرك «العالم» السماوي، فإن غوامض أفلاك التدوير تصبح أكثر قابلية للاحتمال، وتصير ضرورة الإصرار على دورانها أكثر إلحاحًا بالنسبة والتناسب.

## «الحركة الدائرية تنتمي إلى المجموع والحركة المستقيمة وذات الزوايا تنتمي إلى الأجزاء»

«أي جسم بسيط لا يمكن أن تكون له حركتان طبيعيتان متضادتان.» لِمَ لا يجوز ذلك؟ لأن هذا الأمر لن يخرق وحسب قوانين الحركة النوعية للعنصر والمكان، وإنما ستُخرق أيضًا البساطة؛ وكذلك الكمال وفق الإرادة.

«من المستحيل أن يتحرك جرم سماوي بسيط حركة غير منتظمة في فلك أوحد.» هذا ما أكده من ثم أحد أتباع أرسطو النجباء ويدعى كوبرنيكوس الذي يضيف قائلًا: «إذ إن هذا لا بد أن يحدث إما على حساب عدم اتساق الفضيلة المحركة ... أو على حساب انعدام المساواة بينها وبين الجسم المتحرك.» وقد اقتبسنا من قبل رد فعله تجاه كلٍّ من الاحتمالين: «إن العقل يرتعد.»

لقد بدأنا نفهم «السبب» الذي جعل عقل كوبرنيكوس يرتعد. ولمَّا كان يعتبر نفسه من أتباع مذهب العقلانية الهندسية، وليس من الشعراء أو علماء اللاهوت، فما الذي في وسعه أن يفعله إزاء عدم اتساق الحركة؟ ما الذي في وسعه عمله إزاء حقيقة تقول إن الصيف والشتاء ليسا متساويين في طول فترتهما الزمنية؟

تلك هي! إنه يعرِّف الحركة المنتظمة التي كان يتوق إليها بأنها «متوسط الحركة». تلك حيلته السحرية.

قبل سنوات من انتهائه من تأليف كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» دوَّن ملحوظة يقول فيها: «خلال بحثهما في مسألة مسار القمر تنبأ بطليموس ومن قبله هيبارخوس الروديسي، في بصيرة نافذة دءوبة بأن دورة حركة غير منتظمة يجب أن تكون ذات أربع نقاط متضادة موجودة على الأقطار المتقابلة. تلك هي أقصى سرعة وأقصى تباطؤ، ومتوسط الحركة والحركة المنتظمة كلٌّ منهما عند طرفَي قطر يتقاطع بزاوية قائمة مع القطر الواصل بين الطرفين الآخرين.»

لقد بيَّن لنا منقذنا — أرسطو — كيف نقسم الحركة إلى أجزاء. تحديدًا برَّر لنا أرسطو منطقيًّا ما نسميه الآن متجهات الحركة؛ لكن بالنسبة له كانت الحركة في مختلف الاتجاهات تتصف بصفات متباينة: الحركة في خطوط مستقيمة والحركة الدائرية. إن العناصر الأربعة تعبر عن ميولها في شكل خطوط مستقيمة، وهو ما يعني أنها حركة لأعلى في حالة النار والهواء، أو لأسفل في حالة الماء والتراب؛ أما الأجرام السماوية فمن ناحيتها ترسم دوائر أبدية في صفحة السماوات، وهو مبرِّر آخر للاعتقاد بأنها مختلفة في طبيعتها عن المواد التي نعرفها على كوكب الأرض.

إن كوبرنيكوس بطريقة أو بأخرى يتبع خطى أرسطو في هذا الصدد، مستنتجًا أن «الحركة الدائرية تمضي دائمًا في طريقها منتظمة؛ إذ إن لديها قضية لا تموت أبدًا ...» ومن ثم كان رفضه التفكر في احتمال أن تكون أفلاك الكواكب (في حين أنها بالفعل كذلك) دوائر غير تامة الاستدارة. إنه يصر على متوسط حركة حول نقاط متوسطة؛ وهكذا تسير استراتيجية كوبرنيكوس. والعقبات التي فسرها بطليموس بواسطة الموازنات، يمكننا نحن تفسيرها بالاندفاعات في خطوط مستقيمة إذا اضطررنا لذلك؛ ولكن إذا حالفنا الحظ فإننا لن نضطر أبدًا إلى ذلك. يكفينا القول — مثلما سيقول كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»: إن «الحركة الدائرية تنتمي إلى الكل والحركة في خطوط مستقيمة تنتمي إلى الأجزاء» التي زعزعت من موضعها الصحيح. فإذا بدا وكأن فلكًا سماويًّا

انحرف عن الدوران، فاحسب حينئذ متوسط حركته وابنِ ما يكفي من دوائر منتظمة الدوران من حول دوائر للتعبير عن ذلك التكافؤ.

في كتابي هذا سوف أدور في حذر حول الالتفافات القبيحة في نظرية الحركة لكوبرنيكوس ما أمكنني ذلك؛ إذ إنني في بعض الأحيان أرتاب في أن يكون حتى مؤلف كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» على علم بأن اختزال الدورات السماوية في حركة دائرية منتظمة ليس من وراءه فائدة. إنه بدحضه بعضًا من أفكار بطليموس حول حركات الكواكب، يعبِّر عن الأمنية غير الطموحة للأسف بأن «تُحفظ مبادئ ذلك الفن، وأن يتم حساب معدل الحركة المنتظمة الظاهرية» لا لتكون ثابتة على نحو مثالي، مثلما قد يأمل المرء، وإنما فقط «أكثر ثباتًا».

حسنًا، ولِمَ لا؟ فيما يتعلق بتعليق كوبرنيكوس للحركة المنتظمة بأنها متوسط حركة، يعلق الفلكي الذي قرأ هذا النص المكتوب كي يجنبني الوقوع في أخطاء، بقوله: «لاحظ أننا نفعل نفس الشيء تقريبًا حتى في أيامنا هذه. من الملائم لنا أن يكون لدينا شيء اسمه «يوم» طوله بالضبط ٢٤ ساعة، لكن الحقيقة أن الشمس لا تعود إلى نفس الموضع بالضبط من السماء خلال نفس المقدار الزمني كل يوم.»

هذا كله صحيح، ولكننا نعلم أننا بالفعل نختصر الطريق، أما الكوبرنيكية فمن ناحيتها، كان أهم ما سعت إليه وناضلت في شرف حتى النهاية من أجله، التعبير عن الأفلاك الكونية في صورة «حركة منتظمة مباشرة في فلك تدوير دائري.»

## السكون

منذ عهد نيوتن، صرنا — نحن المؤمنين بعدم مركزية الأرض للكون — نفهم أهمية «الإطار المرجعي» في وصف الحركة. والحقيقة أنه بالنسبة لنيوتن وجاليليو ونحن، فإن السرعة الثابتة، لا السكون، هي ما تصنع المحيط الذي نعيش فيه. إن العلم ينبئنا بأن الأرض تدور حول نفسها بسرعة تقترب من دورة كل أربع وعشرين ساعة، بينما هي تدور حول الشمس في فلك تزيد مدته قليلًا على ٣٦٥ يومًا، في نفس الوقت، ومع باقي أجرام مجرة درب التبانة، تتحرك نحو مجرة أندروميدا، ناهيك عن الزخم الآتي من الانفجار العظيم. دعونا نفكر في انفجارات أصغر حجمًا: لو أننا أطلقنا رصاصة من مسدس نحو منتصف دائرة التسديد، فربما تكون بالفعل الحركة التي تهمنا في تلك اللحظة بعينها هي حركة الرصاصة. سوف نفترض ما يلي باعتباره أمرًا ملائمًا لنا: فالحركات السماوية للرامي،

والرصاصة والهدف يمكن التغاضي عنها عندما ننظر في أمر التغير الموضعي للرصاصة منذ خروجها من خزانة المسدس متجهة نحو ركام الغبار الملون بلون الرصاص الموجود خلف الهدف، إلا أن أرسطو يجسد تلك الملاءمة في حقيقة واقعة عندما يقول:

> «المكان هو أوغل حدٍّ ساكن لما يحويه.» وهذا يفسر سبب ما يقال عن وسط السماء والسطح الذي يواجهنا من المنظومة الدوارة من أنه «أعلى» و«أسفل» بالمفهوم الدقيق والتام لجميع البشر؛ إذ إن الواحد دومًا في حالة سكون؛ في حين أن باطن الجسم الدوار يظل دومًا متزامنًا مع ذاته.

قبل كوبرنيكوس، كانت الأرض ساكنة. لا تكترث لذلك العدد المحدود من المهرطقين أنصار مركزية الشمس الذين جزموا بعكس ذلك، نحن أنفسنا أحيانًا ما نبتلى بوجود شيوعيين ومتحرشين بالأطفال بين ظهرانينا. كانت الأرض ساكنة. «الواحد دومًا في حالة سكون.»

لتجعل من التعريف التالي أمثولة تحكي عن الأرض مركز الكون برمته ولماذا استغرق الأمر كل ذلك الوقت كي نحركها من سكونها. كان مصدر ذلك التعريف محاورة طيمايوس لأفلاطون: «الثقل عبارة عن مقاومة الجسم لمحاولة تحريكه بعيدًا عن الموضع الذي ينتمي إليه.»

# شروح: الكتاب الأول، الجزء ٥ (تابع) – الكتاب الأول، الجزء ٩

كان كوبرنيكوس يعي تمامًا الإطار المرجعي، وهو يبدأ الآن جدله الشهير بملحوظة يقول فيها: إن «كل تغير ظاهر في المكان يحدث إما بسبب حركة الشيء المرئي أو الشخص الرائي، أو بسبب حركة غير مكافئة بالضرورة لكليهما.» أو بعبارة أخرى، ليس من الضروري أن يكون المكان أوغل حدٍّ ساكن. إننا نرى الشمس تشرق وتغرب؛ ونشاهد الأجرام السماوية وهي تبدو كما لو كانت تدور؛ ومن ثم يمكننا النظر في الافتراض القائل إن السماوات هي التي تتحرك، أو يمكن للمرء أن يفترض (معاذ الله!) أن أرضنا هي التي تتحرك في الاتجاه المعاكس للدوران السماوي المدرك.

**الكتاب الأول، الجزء ٥: «هل للأرض حركة دائرية؟»**

وهنا يُلزم كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» نفسه بالفرضية الجدلية المنادية بمركزية الشمس؛ ومن ثم يؤكد على نحو لا مراء فيه أن الرواية التي تُحكى عن غضب مؤلفه، أثناء احتضاره، من المقدمة التي كتبها أوزياندر لا تخرق أي «ظواهر» نفسية. وتستحق عبارة الالتزام أن نقتبسها، ليس فقط لأنها صيغت ببراعة، وبالتأكيد ليس بزعم أي قدرٍ من الأصالة — على العكس، فإن كوبرنيكوس يسرع في تقوية حجته باستحضار آراء ثلاثة من أتباع فيثاغورس وواحد من أبناء سيراكوزا — ولكن لأن عبارة الالتزام هذه تخلِّد ذكرى تمسُّك إنسان علنًا بفكرة يعتقد بصحتها. مثل عبارتَي «نعم أقبل» التي يتبادلها

العروسان عند عقد قرانهما، ما يهم ليس فقط الأسلوب الذي تقال به الأشياء، ولكن أيضًا «أنها» قيلت، وعلى مسمع من العالم الذي لا يتخذ من قلوب العاشقين مركزًا:

> إذ إن الدورة اليومية فيما يبدو تحمل معها الكون بأكمله، باستثناء الأرض والأشياء التي من حولها. وإذا أنت أقررت بأن السماوات لا تمتلك أيًّا من تلك الحركات ولكن آمنت بأن الأرض تتحرك من الغرب إلى الشرق، فلسوف تكتشف — إذا أجريت فحصًا جادًّا — أنه فيما يتعلق بالشروق والغروب الظاهري للشمس والقمر والنجوم أن «هذه هي الحال».

(أوزياندر: «ليس من الضروري أن تكون تلك الافتراضات صادقة، ولا حتى مرجَّحة؛ لكن يكفي منها أن تقدِّم حسابًا يتفق مع المشاهدات ...»)

فضلًا عن ذلك، يواصل كوبرنيكوس حديثه قائلًا: «مسألة أن النجوم — ويعني بها الكواكب — السيارة تشاهَد في بعض الأحيان أقرب إلى الأرض، وفي أحيان أخرى أكثر ابتعادًا عنها، تدفع بالضرورة للقول إن مركز الأرض ليس هو مركز دوائر تلك الأجرام.» (تحديدًا، لم يقل بطليموس ذلك مطلقًا. لقد قال إنها مركز أي مؤجلات وأفلاك تدوير وموازنات قد تكون هناك حاجة لوجودها.) «الحال على هذا النحو» لأن الأرض لا تدور وحسب حول محورها، وهو ما يفسر تعاقب الليل والنهار، وإنما تبدي حركة ثانية فيما يتعلق بتلك الكواكب الغادية والرائحة — تحديدًا، الدورة السنوية على امتداد المسار الكسوفي — بالرغم من أنه عند هذه المرحلة من الجدال، لم يستبعد كوبرنيكوس احتمال أن تكون تلك الحركة الثانوية خاصة بتلك الكواكب وليس بالأرض.

الآن وقع الفأس في الرأس؛ لقد تلقَّى الكون القديم طعنة دامية أصابته بجرح غائر.

## الكتاب الأول، الجزء ٦: هندسة الفضاء السماوي الشاسع

نقرأ في سفر التكوين: «فَعَمِلَ اللهُ الْجَلَدَ، وَفَصَلَ بَيْنَ الْمِيَاهِ الَّتِي تَحْتَ الْجَلَدِ وَالْمِيَاهِ الَّتِي فَوْقَ الْجَلَدِ. وَكَانَ كَذلِكَ. وَدَعَا اللهُ الْجَلَدَ سَمَاءً. وَكَانَ مَسَاءٌ وَكَانَ صَبَاحٌ يَوْمًا ثَانِيًا.» أما بالنسبة لكوبرنيكوس، فإنه الآن يحاكي بناء الرب العظيم على النحو التالي: «والآن فليصنع الأفق الدائرة «أ ب جـ د»، ولتكن الأرض ... هي «هـ»، مركز الأفق» التي تفصل النجوم المرئية عن غير المرئية.

حسب موقفنا من كون كوبرنيكوس الذي يقع في منطقة وسطى بين كون أوجستين وكون هيرشل، جرت الإشارة من قبل للشرح التالي. ربما كان من الملائم أن نعيد تكرار منطقه الكامل ها هنا، حتى يمكن للمرء أن يتفهَّم منطق كتاب «عن دورات الأجرام السماوية». إن الكتاب في معظمه مكتوب بأسلوب ضبابي، ومصطلحاته يغيب عنها التعريف كثيرًا، وتعميماته نصف الصحيحة مليئة بالألغاز في حالات معينة (كمثال على ذلك، انظر شرحي لآخر فصل من فصول الكتاب)، حتى إنه يستحيل عمليًّا كتابة أي موجز مختصر للعملية التي تمت بدءًا من المشاهدة وحتى استخلاص الاستنتاجات. وهذا الدفع، الذي يظهر له نظير في كتاب «المجسطي»، يعد استثناءً موفقًا.

تخيل أن «هـ» جرم كروي صغير الحجم، نقف أنا وأنت فوقه، نشكو من بطليموس ونرصد البروج من خلال آلة تسمى «ديوبترا» لقياس مواقع النجوم. ولنفترض أن «ج» نقطة موجودة على الأفق يشرق عليها أول نجم من نجوم برج السرطان. ولنفترض أن «أ» نقطة يغرب عندها أول نجم في برج الجدي في نفس الوقت. «إذن، لَمَّا كان «أ هـ ج» على استقامة واحدة مع أنبوب آلة الديوبترا، فمن البديهي أن هذا الخط هو قطر المسار الكسوفي؛ لأن الأبراج الستة الواقعة في دائرة البروج بين السرطان والجدي تصنع نصف دائرة، مركزها «هـ» هو نفسه الأفق تمامًا.» وعندما تكتمل دورة واحدة — لا يهم إن كانت للفلك السماوي أو لـ «هـ» ذاتها، لكن كوبرنيكوس في تضارب أقواله المعهود لا بد أنه يقصد «نصف» دورة، أو عبورًا كاملًا واحدًا عبر الأفق المرئي — ثم يبدأ الجدي في الإشراق عند ٥، ثم يغرب السرطان عند «د»، في هذه الحالة تصبح «ب هـ د» خطًّا مستقيمًا وقطر المسار الكسوفي.» بما أن «أ هـ ج» هو أيضًا قطر المسار الكسوفي، ولما كانت «هـ» هي مركز كلٍّ من «أ هـ ج»، و«ب هـ د»، فإن «الأفق يشطر دائمًا المسار الكسوفي نصفين.» (الحقيقة أن كوبرنيكوس لم يبرهن على «دائمًا» هذه بذكره لحالتين وحسب، ومع ذلك فإن زعمه قابل للتصديق جدًّا.) إذن، بما أن مبادئ الهندسة تقول إن الدائرة التي تشطر دائرة كبرى يجب أن تكون هي أيضًا دائرة كبرى، فإن كلًّا من الأفق والمسار الكسوفي دائرتان عظيمتان في الفلك السماوي. «إذن الأفق دائرة كبرى ومركزها الذي يمر عبر مركز الأرض هو ذاته مركز المسار الكسوفي» الذي يقع بالقرب من مركز الشمس.

يوجز كوبرنيكوس ما سبق بقوله: «من هذه الحجة يتضح على نحو مؤكد أن السماوات شديدة الاتساع مقارنةً بالأرض.» وحتى في زماننا هذا زمن بلوغ الكمال، نادرًا ما نعبأ إن كنا نقيس المسافات بين النجوم من مركز الأرض أم من قبة المرصد. أما الأشياء

التي في نطاق المجموعة الشمسية فهي أمر آخر، ولكن للفلكيين وحدهم: فالبحارة ليسوا بحاجة لتطبيق تصويبات تزيُّح النجوم عند مشاهدتها، بصرف النظر عن أن بُعدها عنا يتغير بمسافات لا يستهان بها؛ فالفضاء الإجمالي للسماوات كونه «شديد الاتساع» حتى إنه لا يوجد ضرر عملي يمكن أن يلحق بنا من تخيل كلٍّ من عطارد (إذا كنا محظوظين ونمتلك المهارة الكافية لرؤيته) وزحل واقعَيْن فوق «سقف» نفس الفلك السماوي.

ويواصل كوبرنيكوس كلامه قائلًا: «لكننا نرى أنه لم يتبين لنا أكثر من هذا، ولا يستتبع ذلك أن الأرض يجب عليها أن تستقر في مركز العالم.»

إذن «أين» المركز؟ بما أن «النجوم السيارة» لا تحتفظ دومًا بنفس البعد عن كوكب الأرض، «إذن من الضروري أن يُنظر إلى الحركة حول المركز على نحو أكثر تعميمًا، ويكفي تمامًا أن تكون كل حركة متفقة مع مركزها.»

## الكتاب الأول، الأجزاء ٧–٩: كاد كوبرنيكوس يقدِّم تعريفًا للجاذبية

لما كانت المادة الخام الرئيسية لكوكب الأرض هي التراب، وهو واحد من عنصرين ثقيلين من العناصر الأربعة، فإن جميع العناصر التي تحوي وزنًا تميل إلى التهاوي لأسفل نحو مركز كوكب الأرض وتبقى هناك. «إذن الأمور كلها تسير نحو أن تكون الأرض قابعة في المركز.» هذه هي الحجَّة التي عرض بها بطليموس وسائر أتباع أرسطو الآخرين قضيتهم.

ويجيب الأفلاطوني المخلص كوبرنيكوس بقوله: «أنا شخصيًّا أظن أن الجاذبية أو الثقل ليس سوى ميل طبيعي غرسته العناية الإلهية لرب العالمين في الأجزاء؛ وذلك كي يتحد بعضها مع بعض في توحدها واكتمالها، ولكي تلتئم معًا على هيئة كرة.» في هذه الحالة، ما الذي يمنع الكواكب الأخرى، بل وحتى الشمس، من الاشتراك هي الأخرى في تلك الخاصية؟

## استطراد عن جو نبتون

تجدر إعادة التأكيد على أن هذه ليست بالضبط الجاذبية كما نفهمها.

عند تناوله لواحدة من اعتراضات بطليموس على فكرة الأرض التي تدور — والقاضي بأنه بالتأكيد كان كل شيء وكل شخص سينكبُّ ويتبعثر في الفضاء لو لم نكن في حالة

سكون — يتساءل كوبرنيكوس ساخرًا: لماذا لم يعانِ سلفه من القلق على مصير الكون بدلًا من ذلك؟ بمنطق بطليموس، ألا تدور الشمس حول الأرض في سرعة خارقة؟ فضلًا عن ذلك، كلما ابتعد موضع كل فلك، كان لزامًا عليه الدوران بسرعة أعظم حتى يكمل دورة واحدة. لماذا لا يتطاير سكان كرة النجوم الثابتة في الفضاء ويتناثرون إلى قطع مبعثرة؟ (يقول مرجعي في علم الفيزياء إن «الكرات الصغيرة المصنوعة من الصلب التي يبلغ نصف قطر كلٍّ منها نحو ١٠⁻٤ أمتار، وتدور ... بترددات عالية، تنفجر عندما تبلغ سرعتها الطرفية نحو ١٠٠٠م/ث».) غير أنه إلى الآن قلة قليلة من النجوم هي التي انفجرت عند تحركها بسرعة كبيرة. النجوم ليست كرات من الصلب، لا ريب في ذلك؛ فأيًّا كان العنصر السماوي المثالي الذي تتكوَّن منه، فإنه يقيها من قوة الطرد المركزي بالغة العنف؛ ومع ذلك، فإن افتراض وجود مادة مجهولة ذات خواص مجهولة يظل دفاعًا غير مقنع في مواجهة مسألة عويصة فعلًا. فحجة بطليموس المؤيدة للسكون تنطوي على قدر أقل من الإدانة من اعتراض كوبرنيكوس المؤيد للدوران.

نحن المؤمنين بعدم مركزية الأرض نعلم أننا لا نتطاير من فوق كوكبنا الدوار بسبب الجاذبية والقصور الذاتي، مع تعقيدات قوة الطرد المركزية التي تبقينا على سطح الأرض، كما أننا نعلم كذلك أن غلافنا الجوي عبارة عن مادة؛ ومن ثم فإن له كتلة، ومن ثم يتعرض للقصور الذاتي والجاذبية مثلما نتعرض نحن، وفق قوانين نيوتن. غير أن بطليموس وقَّر قوانين أرسطو. فبالنسبة له، لم تكن لحركة الهواء أي علاقة بحركة الأرض؛ إذ عليك أن تتذكر القاعدة التي تقول إن كل عنصر يحوي «هو ذاته بداخله قاعدة حركة وسكون.» علاوة على ذلك، الجو (الذي يبدو) ساكنًا شكَّل حجة أخرى في قضيته «التبعثر في الفضاء»: عندما يندفع سهم مارق في الهواء، فإن الهواء يمتنع عن الحركة معه. إذن، لو أن الأرض فعلت مثل فعل السهم، لامتنع الجو بالمثل عن الحركة، ولرأينا السحب والشهب (التي كانت تعد وقتها ظاهرة جوية) تبتعد عنا باستمرار في الاتجاه المعاكس لاتجاه دوراننا.

ماذا كان سيظن بشأن حالة كوكب نبتون؟ يدور ذلك الكوكب من الغرب إلى الشرق، مثلما تفعل الأرض، ولكن — عند خط الاستواء، على الأقل — تهب الرياح النبتونية من الشرق إلى الغرب بسرعة ألفَي كيلومتر في الساعة، وهي أكبر سرعة لأي غلاف جوي بين كواكب المجموعة الشمسية. ولو كان بطليموس وُجد عند خط الاستواء النبتوني، لكان الاستدلال والملاحظة أقنعاه — لأسباب غير منطقية على الإطلاق — أن الكوكب الذي يسكنه يدور بالفعل مثلما زعم كوبرنيكوس.

## استطراد فرعي بسبب ظاهرة كوريوليس

بالمناسبة، كان اعتراض بطليموس أقرب إلى المنطق مما كان هو وكوبرنيكوس يعلمان؛ فتمامًا مثلما أن فلك النجوم — إن كان له وجود بالفعل — يدور في اتجاه الغرب من حولنا بسرعة أكبر من أي فلك أقرب، فكذلك خط الاستواء الأرضي، لكونه تحديدًا أوسع جزء في الكوكب، يدور في اتجاه الشرق أسرع من باقي كوكبنا الأرضي؛ في حين يظل القطبان (نظريًّا) ساكنَيْن؛ ومن ثم تحمل تيارات الرياح المارة نحو الشمال المباشر قادمة من خط الاستواء معها زخمًا دورانيًّا باتجاه الشرق أعظم مما تحمله تلك الموجودة على اليابسة أو البحر من أسفلها؛ ومن ثم، فإن رياحنا المتجهة للشمال تصبح شمالية شرقية. وعلى النقيض من ذلك، فإن الرياح التي تهب باتجاه الجنوب المباشر نحو خط الاستواء تجد نفسها تسير بسرعة أقل مقارنةً بسطح الأرض من أسفلها؛ ومن ثم تتخذ اتجاهًا جنوبيًّا غربيًّا بالنسبة إلى ذلك السطح.

في نصف الكرة الأرضية الجنوبي، تنعكس هذه الظاهرة (التي سميت على اسم شخص ربما تكون خمَّنتَهُ، يدعى كوريوليس): فالرياح التي تهب في اتجاه الجنوب تتجه نحو الجنوب الشرقي، والشمالية في اتجاه الشمال الغربي.

وتعلن ظاهرة كوريوليس عن نفسها بسبل لا حصر لها؛ فعلى سبيل المثال، تدور دوامات الأعاصير الحلزونية عكس اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الأرضية الشمالي، ومع اتجاه عقارب الساعة في النصف الجنوبي. وتنطبق الظاهرة على الماء أيضًا مثلما تسري على الهواء؛ ومن ثم تؤثر على مسارات تيارات المحيطات الرئيسية.

لماذا لم يدرك بطليموس وكوبرنيكوس ذلك؟ بادئ ذي بدء، كان ينقصهما ما نشير إليه الآن بتعبير سجلات بيانات تيارات الهواء والماء لنصفَي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي. وثانيًا أن ظاهرة كوريوليس تكبح جماحها، بل وفي بعض الأحيان تلغيها كليًّا، قوى ضغط جوي محلية وتغيرات احتكاكية.

باختصار، كوكبنا الأرضي الدوار يترك بالفعل غلافه الجوي وراء ظهره، لكن ليس تمامًا ولا بالعنف الذي تخيله بطليموس.

## «ماذا علينا أن نقول إذن عن السحب؟»

على أي حال، كان في استطاعة كوبرنيكوس أن يدحض حجة بطليموس بشأن الغلاف الجوي الذي نخلفه وراءنا لو أن ميكانيكا نيوتن كانت متاحة له. إن الجسيمات والعوالم

«تتحد بعضها مع بعض في توحدها وكمالها.» وبمجرد فهم عالمية الجاذبية، كم تصبح كل الأمور بسيطة! يشرح هيرشل الأمر بتشبيهٍ كان من الممكن أن يكون متاحًا حتى لبطليموس: عندما تكون في رحلة بحرية، فإن الكرة التي تلقيها لأعلى ترتد إلى يديك مرة أخرى؛ لأن الرامي والكرة يسيران معًا مع حركة السفينة. كان كوبرنيكوس قريبًا من دحض فكرة بطليموس بنفس طريقة هيرشل، لكنه أحس بأنه مضطر لصياغة التفنيد على النحو التالي:

> ماذا نقول إذن عن السحب التي لا تسرع في حركة متواصلة باتجاه الغرب في مقابل دوران أرضي باتجاه الشرق … فيما عدا أن الأمر لا يقتصر على الأرض والعنصر المائي الذي ترتبط به وحسب في حركتهما على هذا النحو، وإنما أيضًا لا يوجد أي جزء ولو صغير من الهواء، ولا أيٍّ من الأشياء الأخرى يتصل بقرابة مماثلة مع كوكب الأرض؛ سواء لأن الهواء المجاور، الذي يختلط بمادة ترابية ومائية، يذعن لنفس قوانين الطبيعة التي تذعن الأرض إليها، أو لأن حركة الهواء حركة مكتسبة، يشارك فيها الهواء دون مقاومة منه على حساب التماس والدوران الأبدي للأرض؟

بعبارة أخرى، يتراجع كوبرنيكوس مؤقتًا إلى تفسيرين؛ أولهما: التفسير القديم القائم على العناصر القائل بأن خفة الوزن الأساسية للهواء الأرضي أصيبت بعدوى ثقل الوزن بدرجة ما نتيجة احتكاكه بالتراب والماء. وثانيهما: التعبير البديهي عن القصور الذاتي. بالنسبة لي هناك أمر مؤثر للغاية بشأن هذا الفكر الذي لم يعثر قط على الأدوات التي عثر عليها نيوتن، ومع ذلك فقد تلمَّس طريقه وقدَّم منطقه على نفس النهج نحو فهم دقيق للواقع.

## الكتاب الأول، الجزء ٩: جعل الشمس مركزًا

أروع مثال على ذلك في كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» يباغتنا الآن؛ حيث إنه بعدما اكتفت بعض المقدمات بطرح أنه من المقبول افتراض أن الأرض تتحرك بطريقة ما، واجه كوبرنيكوس الأمر بقوة وقالها صريحة مدوية: «أخيرًا، سوف يُنظر إلى الشمس باعتبارها مركز العالم. ونسبة الترتيب الذي تلي به تلك الأجرام بعضها بعضًا وانسجام العالم برمته يعلِّمنا حقيقتها، لو أننا فقط — كما يقولون — نظرنا إلى الأمر بكلتا عينينا.»

# حدود المشاهدة عام ١٥٤٣

### كم كان من السهل تفسير الظواهر!

فقط لو أننا نظرنا إلى الأمر بكلتا عينينا! غير أن معظم العيون لا يمكنها تمييز النجوم التي يتصادف أن تكون المسافة بينها أقل من أربع دقائق قوسية.

وكلما قلَّ مقدار ما نعلمه، ظللنا أكثر حرية في وضع تصورات (أورويل: «الجهل قوة»). إبان خمسينيات القرن العشرين، كان لدى كاتب الخيال العلمي العاشق للدقة حرية تخيل كوكب الزهرة في صورة عالم من المستنقعات والأدغال؛ لم نكن نعلم مدى حرارته، ولما كنا نجهل وجود كوكب نبتون، ناهيك عن سرعة الرياح الاستوائية على سطح ذلك الكوكب، ظل بطليموس حرًّا في التوصل إلى استنتاج غير صحيح عن الدوران الجوي لكوكب الأرض بناءً على دليل رصدي غير ذي صلة، وكان أي عالم يعيش في خمسينيات القرن السادس عشر غير مكبل بنفس الصورة في إمكانية المفاضلة بين اتِّباع مبدأ كوبرنيكوس القائل بمركزية الشمس أو مبدأ بطليموس القائل بمركزية الأرض؛ فكلا النظامين ذهب إلى أبعد مدًى في سبيل «تفسير الظواهر». حقيقة الأمر، إخفاقات كوبرنيكوس وعدم اكتمال الأفكار المتنوعة، ناهيك عن أن المقدمة المتواضعة المطمئِنة التي فُرضت عليه من قبل أوزياندر (التي ورد فيها: «دعونا نسمح لهذين الفرضين الجديدين بالظهور علانية وسط الفروض القديمة التي كانت في حد ذاتها لا تفوقها في الأرجحية»)، حجبت جانبًا كبيرًا من الخطر الذي كان من الممكن للكوبرنيكية أن تشكِّله يومًا ما لكونٍ مرسوم وفق التفسير الحرفي للنصوص المقدسة. لماذا لا نؤمن بمركزية الشمس وبعرش الرب في آن واحد؟

## بندول فوكو

ما الواقع؟ إن تاريخ العلم — ناهيك عن تاريخ الحياة ذاتها — يعلِّمنا أن نتوقع أنه سوف تظهر دائمًا أشياء أكثر مما فهمناه حتى الآن. لعل قصة المبدأ البطلمي لا تختلف عن إدراكنا لكينونتنا: فهي تلائمنا، وهي تفسر كل شيء تقريبًا. دعونا نتجاهل كل ما عدا ذلك، وسوف نتوصل إلى تفسيرات «لجميع» الظواهر يومًا ما! ثم يأتي كوبرنيكوس، ومن بعده كبلر ونيوتن وأينشتاين، مصحوبين بالقائمين على صنع وإطلاق الصواريخ الذين يوجِّهون عدساتهم نحو كوكبنا الأرضي المتحرك! («تبيِّن لنا الصور الملتقطة من الصواريخ أن أكثر الانطباعات إبهارًا التي تصيب الراصد الخارجي بالذهول يتمثل في مدى انبساط سطح كوكب الأرض ... فأعلى قمم الجبال وكذا أعمق الأخاديد لا تمثل سوى تعرجات طفيفة في سطح كوكب الأرض الأملس نسبيًّا.» ومن على ارتفاع كافٍ، يصبح العالم الأرضي سماويًّا؛ ومن ثم يشكل هذا حدود المشاهدة.)

يصر بطليموس على أنه لو كانت أرضنا (حاشا لله!) تدور بالفعل، لكانت الأجسام المتساقطة ارتطمت بالأرض في موضع يقع خلف مسقطها العمودي الفعلي. وبطليموس على صواب، في إطار حدود المشاهدة. إنه ليذهلني أن العالم اضطر للانتظار حتى يوم الثالث من فبراير عام ١٨٥١ عندما جاء بندول فوكو ليوسع مدى تلك الحدود، وهو ما حدث على النحو التالي:

علِّقْ ثقلًا بواسطة سلك مربوط في معلاق ثابت ثلاثي القوائم. لفَّ خيطًا على هيئة أنشوطة حول السلك، ثم اجذب الخيط ببطء وإحكام نحو اتجاه الجنوب — أي على امتداد محور دوران الأرض حول نفسها — إلى أن ينجذب نحوك، انتظر للحظة أو اثنتين ريثما تختفي أي اهتزازات في السلك، ثم المس الخيط بشعلة من عود ثقاب إلى أن ينقطع. عندها يبدأ البندول سلسلة من التأرجحات التي لا تشوبها أي حركة جانبية. ما يحدث بعدها إعادة لتصوير ظاهرة كوريوليس: إذا كنت موجودًا شمال خط الاستواء، فإن كل تطرف شمالي للأرجحة يتجه شرقًا مقارنة بسابقه، وكل تطرف جنوبي بالتالي يتجه للغرب (في نصف الكرة الجنوبي يكون اتجاه الأرجحة عكس اتجاه عقارب الساعة). إن بندول فوكو يسقط سقوطًا حرًّا في الفضاء، في حين تدور الأرض من حوله! والآن لنعكس ظاهرة كوريوليس: ستصبح تلك الظاهرة في أكثر صورها وضوحًا عند القطبين وتتلاشى تمامًا عند خط الاستواء. إن التعبير الرياضي عنها في أي موقع مقداره خمس عشرة درجة في الساعة (وهو معدل دوران الأرض) مضروبًا في جيب زاوية دائرة العرض.

اذهب إلى باريس، ثم توجَّه إلى البانثيون (مقبرة العظماء)، أسفل القباب ذات النوافذ وتلك التي بلا نوافذ. سوف تجد نسخة طبق الأصل من بندول فوكو تتأرجح ببطء جيئة وذهابًا داخل حلقته المدرجة، في صمت، ويكاد يكون تغيُّره غير محسوس. ومن على بعدٍ ومن زاوية ملائمة، تبدو الكرة اللامعة وهي تتحرك بالكاد، تنبض بدرجة طفيفة للغاية. علاوة على ذلك، هي تتوقف للحظة عند أقصى طرف مسافة الأرجحة، ثم تعود في الاتجاه الآخر، مقتفيةً نفس المسار، وإن لم يكن بالضبط. في باريس يحتاج المسار إلى حوالي ست دقائق ليتغير بمقدار درجة واحدة، وهذا معناه ١١° في الساعة الواحدة (١٥°/س × جا [دائرة عرض ٥١ ′٤٨°] = ١٥ × ٠,٧٥٢٨ = ١١,٢٩٢)، أي ما يقرب من ٢٧٢° يوميًّا. تعلن اللافتة أعلى البندول: «أنت على موعد لمشاهدة الأرض وهي تدور»؛ غير أنه من المدهش طول المدة التي يجب على المرء الاستمرار في المشاهدة خلالها بالفعل حتى يصبح على يقين من التغير في التأرجح باتجاه عقارب الساعة. تدور الأرض في صمت وفي حركة خفية لا تدركها الحواس (بسرعة ١٦٧٤ كيلومترًا في الساعة). لو أنك تابعت أرجحة واحدة أو اثنتين فحسب، فربما لا تدرك أبدًا أنها تتحرك، وهو مثال آخر على حدود المشاهدة. لو أنك شاهدت ظاهرة كوريوليس دون أن تفهمها فهمًا تامًّا، فربما كان تنبؤك بأن البندول سوف يحقق أسرع دوران عند خط الاستواء، لا عند القطبين. في بعض الأحيان، مثلما حدث في حالة بطليموس، تتسبب التفسيرات الزائفة لمشاهدات سابقة فعلية في تحجيم المشاهدات الحالية.

«الواقع هو ما ندركه الآن.» يا له من تعريف ضيق الأفق يُرثى له! غير أنه مع ذلك يصيب كبد الحقيقة. بفضل ما نقلته تليسكوباتنا الفلكية ومسابرنا التي تجول بين الكواكب، بدأت الكواكب، على الأقل، تكشف عن لمحات من مجدها: الفوهات التي يميل لونها إلى الاحمرار فوق كوكب عطارد تحتشد وسط ظلام الفضاء (قرأت أن كوبرنيكوس لم يرصد عطارد مطلقًا ولا حتى على هيئة نقطة لامعة؛ وهو يعزو ذلك إلى وجود أبخرة متصاعدة من نهر فيستولا تخفي المشهد؛ لكن حقيقة الأمر، أن طبعتي الحالية من أطلس نورتون للنجوم تؤكد لي أن «الخبرة العامة» المتعلقة بالبحث عن عطارد حتى باستخدام تليسكوب الهواة «تصيب الراصد بالإحباط وخيبة الأمل»)؛ وكوكب المريخ ذي اللونين الأزرق والضارب للصفرة، الذي هو في حقيقة الأمر، بفضل عنصر الحديد، أكثر احمرارًا مما يبدو في كثير من الصور الفوتوغرافية، «يرجع ذلك في جزء منه إلى ظروف الإضاءة، وفي جزء آخر منه إلى صعوبات المعايرة في نظام الرصد» — من جديد الواقع هو ما

ندركه! — والقرص الرائع اللامع المتوهج مثل قنديل البحر، لكوكب المشتري، الذي كانت أقماره، المجهولة تمامًا لكوبرنيكوس، تدور حوله وكأنها كرات من حجر شبه كريم؛ والفوهة السوداء، التي سميت باسمه، التي تحدق مثل عين تطل علينا من وسط بحر من الركام فوق الأفق الرمادي لقمرنا.

## «ينتقل جيلًا بعد جيل وكأنه إرث»

كل ما كان بطلنا المنادي بمركزية الشمس يمتلكه في سبيله نحو الثراء المفاهيمي كان: (١) قرص أسطرلاب مارتن بيليكا على شكل ثمرة كمثرى، يشبه الساعة، حُفرت عليه رموز، ويبدو أن كوبرنيكوس استخدمه عام ١٤٩٤. و(٢) محولًا فلكيًّا، يشبه كرة مركبة فوق صفائح معدنية تدور في انحدار، رُبعية كان يوصي في البداية بأن نصنعها من الخشب، ثم طوَّر فكره بعد ذلك؛ لأن الخشب من الجائز أن يتعرض للانثناء؛ ومن ثم قد يعطينا نتائج مضللة. و(٣) عينيه، اللتين ليستا بالطبع عينَي رجل خارق؛ ومن ثم تستطيعان تمييز خمسة كواكب على أقصى تقدير. و(٤) أنفَسها جميعًا، فيما يبدو، وهي مشاهداته لأعمال القدماء، ومن بينهم بطليموس، الأب الذي تجاوزه فيما وصل إليه لكنه لم يتركه خلفه قطُّ. إنه يعلم، على سبيل المثال، أن «زحل، أبعد الكواكب السيارة، يكمل دورته في ثلاثين عامًا، والقمر الذي بدون شك أقرب الأجرام للأرض يُتم دورته حولها في شهر.» لقد علم بهذا من بطليموس وتلك المجموعة. إن كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» ممتلئ حتى حافته بعبارات مقتبسة من نوع «حدَّد بطليموس موضع أعظم دائرة عرض جنوبية عند ٧° تقريبًا في حالة الحضيض المداري للمريخ ...»

إنه يتحاشى الاقتباس الأعمى من بطليموس. فكتاب «المجسطي» يعطي حضيض مدار زحل عند ١٠′ ٢٢٤°. أما كوبرنيكوس فيضعه عند ٢١′ ٢٤٠° في الكتاب الخامس، الجزء السادس؛ وعند ٣٠′ ٢٢٦° في الكتاب الثاني، الجزء الرابع عشر. ومع ذلك، أين كان كوبرنيكوس سيذهب، بدون بطليموس ومحوله الفلكي؟ (الحق يقال إن أدواته كانت هي ذاتها أدوات بطليموس.) إنه يبذل قصارى جهده، إنه يرمي إلى تحقيق النجاح في حدود المشاهدة. أو على حد وصف ترجمة ذاتية موجزة له: «لقد أجرى بعض عمليات الرصد لكنها لم تساعده؛ لأنه كان يستعين بأدوات خرقاء صنعها بنفسه؛ وهكذا تحول إلى المشاهدات العتيقة الخاطئة.» ولم تكن تلك الأخيرة جميعها خاطئة بالقدر الذي تصوِّره الترجمة الذاتية ضمنًا — فعلى سبيل المثال، كانت القيمة التي توصَّل إليها بطليموس

لأقصى استطالة زاوية لكوكب الزهرة نادرًا ما تختلف عن القيمة التي توصَّلنا نحن إليها — ومع ذلك، فإنها كانت تضلله في بعض الأحيان بنفس القدر الذي ضلَّله به إخلاصه لمبدأ الحركة الدائرية المنتظمة. مثال ذلك، أن العديد من القياسات القديمة للمبادرة النجمية كانت خاطئة؛ ومن ثم، تصير نظرية كوبرنيكوس في المبادرة خاطئة.

هل تعلم الاسم الذي أطلقه بطليموس على تلك المشاهدات القديمة المشوبة بالخطأ؟ «العمل من أجل عشقٍ آخر للحكمة والحقيقة.» وكان محقًّا. ولمعرفة كوبرنيكوس بذلك وتوقيره له، ينصحنا بأن «نتمسك بمشاهداتهم، التي انتقلت إلينا جيلًا بعد جيل وكأنها إرث.» إن الحقيقة — العلمية على الأقل — لا يُتوصل إليها (بالتقريب، حسبما يجب القول) إلا بتراكم عدة مجهودات شاقة.

سوف يقضي تيكو براهي (وهو بالمصادفة لا يمكنه تحمُّل الفرض الجدلي لكوبرنيكوس بمركزية الشمس، وفي أيامه كان الفرض الجدلي هو كل ما يتبقى، بفضل حدود المشاهدة) ست سنوات ويستهلك تسعة آلاف صفحة مكتوبة بخط لا يكاد يُقرأ كي يعلم أن الموضع الفعلي للمريخ يتغير في بعض الأحيان بمقدار ثماني دقائق قوسية كاملة عن الموضع المفترض أن يكون فيه وفق نظرياته هو، وسوف يأتي كبلر بعد ذلك ليقرر في شجاعة أنه «لما كان من غير المسموح به تجاهل تلك الدقائق الثماني، فإنها لا بد أن تشير لنا نحو الطريق المؤدية لعملية إعادة إصلاح شاملة لعلم الفلك.» ينتقل جيلًا بعد جيل وكأنه إرث! ذكر كوبرنيكوس — حسبما ستتذكر — أن دقة في حدود عشر «درجات» قوسية (الدرجة الواحدة تساوي ستين دقيقة) تجعله منتشيًا مثل فيثاغورس عندما اكتشف قاعدته الشهيرة (كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، الكتاب السادس: «ولكن لا الدقائق الثلاث ولا الأربع بالضخامة التي تجعلنا نقيسها بواسطة أسطرلاب؛ ومن ثم فإن هذا الذي اعتُبِر أعظم حجم لانحراف كوكب الزهرة «صحيح»»). بمعيار الدرجات العشر، ما كانت الدقائق الثماني لتعذِّب براهي أو كبلر، وما كانت عملية إعادة الإصلاح لتحدث.

آه، حدود المشاهدة! إليكم كيف وصف كبلر فوهة كوبرنيكوس وغيرها من الفوهات: «من ثم، فإن البقع المظلمة التي تُشاهد على القمر هي نوع من السوائل التي، بسبب لونها وليونتها، تسبِّب إعتامًا لضوء الشمس.» ولم تتمكن أي عملية رصد حتى وقتها من دحض الفرض الجدلي القائل بأن فوهات القمر مملوءة بسائل.

والشيء بالشيء يذكر: لماذا يرفض تيكو الاتجاه الكوبرنيكي؟ لأن هذا الراصد الماهر الذي كرَّس حياته لذلك العلم لم يكتشف الحركة التغيرية السنوية للنجوم، التي ذكرت

نظرية كوبرنيكوس أنه من الضروري أن تكون مرئية لو كانت الأرض تتحرك (سوف نعود لتلك الحركات بعد فصلين من الكتاب). من هنا خرج تيكو بمنطقه القائل إن الأرض ثابتة لا تتحرك وإن الشمس هي التي تدور بينما تدور الكواكب حولها. لقد وجد تفسيرًا للظواهر تمامًا مثلما فعل كوبرنيكوس، ولم يقرَّ علميًّا بصحة مسألة تزيُّح الأجرام إلا عام ١٨٣٨.

## «في العادة يحتاج الأمر لنظارة ميدان»

إذن ما الذي في استطاعة كوبرنيكوس أن يأمل في تحقيقه من وراء ذلك البنيان المتواضع المشيد من الطوب، الذي يتخذ مقطعه العرضي شكل المستطيل، ويرتفع لأعلى نحو رأس سهم مكسوٍّ بالبلاط وصار الآن معروفًا باسم «برج كوبرنيكوس»؟ ما الذي يمكنه رؤيته حقًّا من أعلى تلك الإبر المدببة في ضوء مساء مدينة فرومبورك؟ حسنًا، بالإضافة إلى النجوم، هناك نقاط ضوئية ذات أهمية معينة يخبرنا عنها بأنها «تتجول بأساليب متنوعة، فتهيم على وجهها في بعض الأحيان جهة الجنوب، وأحيانًا أخرى جهة الشمال، من أجل ذلك سُمِّيت «كواكب».» إن الراصد الهاوي للسماء والمنتمي لعصري ينصحنا بالبحث عنها عن طريق «مراقبة حركتها ليلة بعد أخرى على خلفية من النجوم التي تبدو ثابتة، مع ملاحظة كيف تعمل على تشويش أشكال البروج النجمية.» من ليلة إلى أخرى! لا يبدو هذا الأمر ميسورًا بالضرورة. سوف يكون من الممكن بهذه الطريقة تمييز كوكب الزهرة؛ لأنه أكثر لمعانًا من باقي الأجرام السماوية الأخرى؛ أما المشتري فهو يقترب منه في درجة اللمعان، لكن المريخ في بعض الأحيان، وهو يشبه نجمة برتقالية اللون، أكثر منه لمعانًا؛ ويبدو زحل مثل نجمة برتقالية اللون؛ وبالنسبة لعطارد فإن الأمر «في العادة يحتاج لنظارة ميدان لتحديد موقعه.» ومن المؤكد أنه لهذا السبب لم يتمكن كوبرنيكوس مطلقًا من تسجيل أي مشاهدات لعطارد.

لقد كانت حدود المشاهدة تعرقله حتى جعلته شبه معاق. أنت أو أنا يمكننا النظر إلى صخور القمر، أما كوبرنيكوس فكان عليه الاعتماد على أبحاث مليئة بالأحابيل والعقد المتشابكة التي تعشش بداخلها هندسة فراغية كروية نصف نامية، البعض من حقائقها المقررة كان هو في حاجة لاستنباطها بنفسه، حتى يحسب بُعد القمر عنا؛ وفي هذه الأثناء، لم يكن طول ذلك الضلع أو قيمة تلك الزاوية من المثلث الذي رسم عقله العبقري منظوره مرتفعًا لأعلى نحو الأفلاك الكروية الكوكبية قابلًا للتحديد إلا من خلال عمليات رصد

أجراها فلكيون ومنجمون غيَّبهم الموت لا يمكنه الوثوق في نظرياتهم (هل تتذكر الجداول الألفونسية؟ كانت مكتبة كوبرنيكوس موبوءة بذلك العبء). من المفارقة أن إيمانه الذي وضعه في غير موضعه بتلك المشاهدات التي كثيرًا ما كانت خاطئة أدخل العديد والعديد من التناقضات التي حضَّته أكثر على رفض منظومة بطليموس، التي عجزت عن تفسير المواضع الخاطئة للكواكب على نحو أفضل مما فعلت مع المواضع الصحيحة.

«إننا نقترب من الحدود القصوى لقدرتنا على سبر غور السماوات.» تظهر تلك العبارة في مرجع فلكي نُشِر عام ١٩٨٢، فيجيبه فلكي آخر في أسلوب لاذع بقوله: «إن السنوات الثلاث والعشرين التالية من الاكتشافات الفلكية برهنت على عدم دقة هذه المقولة إلى حدٍّ بشع؛ فالقدرات الرصدية اتسعت على نحو هائل منذ ذلك الحين.» غير أنه في عام ٥٣٨٢، لو قدِّر ساعتئذ أن يكون الجنس البشري على قيد الحياة، فسوف نظل بقدراتنا المحدودة نقاوم القيود التي تعوق مشاهداتنا. فماذا في وسعنا أن نفعل حينئذ أكثر من الاستنباط والاستنتاج؟

عام ١٥٤٣، اقترب كوبرنيكوس على نحو مماثل من حدود المشاهدة: فالكواكب الخمسة ليست سوى نقاط من الضوء، وهو لم يَرَ سوى أربعة منها! لكنه في صبر ومثابرة يستنبط ويستدل. ويضحك أوزياندر ضحكة مكتومة في تلك المقدمة التي تفضَّل بها عليه: «وكلما مضت الافتراضات النظرية قدمًا، وجب على كل شخص ألا يتوقع أي شيء من علم الفلك على سبيل اليقين ... وإلا، إذا اعتبر أي امرئ ما بني لهدف آخر أمرًا صحيحًا، فإنه يغادر هذا الميدان وقد صار أكثر حماقة عن ساعة دخوله إليه. وداعًا.»

في هذه الأثناء، دونما يقين، بل ولا حتى مشاهدة (لم يَرَ في حياته قرص كوكب)، وبدون بندول فوكو، وباعتبار ما بُني من أجل استخدام آخر صحيحًا، مع وجود بعض الحقائق دون برهان قاطع، يدحض كوبرنيكوس نظرية مركزية الأرض! ومن هنا ظهرت المنظومة التي تعد الشمس مركزًا لها مبكرًا جدًّا، تقريبًا قبل موعدها بقرنين، بحيث يتعذَّر فهمها وتقديرها على النحو الصحيح؛ ومع ذلك، وبالرغم من حدود المشاهدة، ظهرت. ولهذا السبب أعتبر كوبرنيكوس، بحق، رجلًا عظيمًا.

# شروح: الكتاب الأول، الأجزاء ١٠–١٤

إذن الشمس في مركز «عالمنا». فكيف تنتظم باقي الأجرام السماوية معًا؟

## الكتاب الأول، الجزء ١٠: تبسيط الأجرام السماوية وإعادة تنظيمها

ذهب السابقون على كوبرنيكوس على نحو منطقي إلى أن الأجرام السماوية التي تبدو وكأنها تعبر السماء في سرعة أبطأ لا بد أنها أكثر بعدًا عنا من تلك التي تتحرك بسرعة أكبر، كالقمر مثلًا. وإذا شئنا مزيدًا من الدقة فإن «حجم الدوائر الفلكية يقاس بحجم الزمن.» ومن ثم رتبوها على النحو الصحيح ترتيبًا تصاعديًّا حسب قربها منا: زحل فالمشتري فالمريخ.

أما عن الزهرة والمريخ، فقد اختلف القدماء فيما بينهم من حيث إذا كانا أعلى أو أدنى فلك الشمس. ولما كان فلك الزهرة منتميًا لمنهج كوبرنيكي، فسوف نناقشه في الفصل التالي، أما الآن فدعونا نكتفِ بالإشارة إلى أن كوبرنيكوس يرسم مخططًا كروكيًّا بالغ الروعة «لأفلاك» الكواكب الداخلية والخارجية:

> من الضروري أن يُنظر إلى الفضاء المتروك بين الدورة الفلكية المحدبة للزهرة والدورة الفلكية المقعرة للمريخ باعتباره دورة فلكية أو فلكًا كرويًّا متجانسًا ومركزيًّا معهما بالنسبة لكلا السطحين، وأنه من الواجب أن يستوعب الأرض وقمرها وأي شيء موجود أدنى المدار القمري.

هذا الاستنباط المنطقي من الافتراضات بمركزية الشمس لا يتورع كوبرنيكوس عن تقديمه باعتباره سببًا:

«لهذا فإننا لا نستحي أن نقول بأن هذه الشمولية — التي يحتضنها القمر — ومركز الأرض أيضًا تعبُر تلك الدائرة الفلكية العظمى مثلها مثل سائر النجوم السيارة الأخرى في دورة سنوية حول الشمس.»

ويعلِّق مترجم كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» على هذه النقطة بقوله: «لقد رصد كوبرنيكوس دائرة لامتراكزة لكوكب الزهرة وكوكب عطارد في دائرة واحدة تحمل الأرض؛ وعلاوة على ذلك دمج أفلاك التدوير الثلاثة لزحل والمشتري والمريخ في نفس الدائرة. بمعنى أن هناك دائرة واحدة صارت الآن تؤدي عمل خمس دوائر.»

ويكرِّر كوبرنيكوس في تناقض آخر مع مقدمة أوزياندر: «أقول أيضًا إن الشمس تظل ساكنة إلى الأبد، وأن أي حركة ظاهرية لها أيًّا كانت يمكن تحقيقها من خلال حركة الأرض.» ولا يكتفي بذلك وإنما يزيد وهو يقيس الأعماق في جسارة، وكذا المسافة بين الأرض والشمس، على اتساعها الهائل، أن تلك المسافة لا تمثل شيئًا مقارنةً بالمسافة بين الأرض وكرة النجوم الثابتة.

## الكتاب الأول، الجزء ١١: الحركات الثلاث لكوكب الأرض

ويأتي كوبرنيكوس الآن كي يستبدل بالحركتين السماويتين اللتين نادى بهما بطليموس ثلاث حركات من عنده.

الأولى: أن الأرض تدور من الغرب إلى الشرق كل يوم، وهو ما «يصف خط الاستواء أو الدائرة الاعتدالية.»

والثانية: الدورة السنوية لكوكب الأرض حول الشمس، وهي أيضًا من الغرب إلى الشرق. وتقع هذه الدورة بين دورتَي الزهرة والمريخ. «إذن ما يحدث أن الشمس ذاتها فيما يبدو تعبر المسار الكسوفي بحركة مماثلة ... عندما يكون مركز الأرض في حالة عبور لبرج الجدي، يبدو أن الشمس تعبر برج السرطان؛ وعندما تكون أبراج الدلو، والأسد وهلم جرًّا ...»

ثم يفترض كوبرنيكوس وجود حركة أرضية ثالثة في اتجاه الغرب، من برج الحمل إلى برج الحوت. وهذه الحركة التي تسمى الميل الزاوي، تبدو ضرورية لتفسير مسألة أن الأرض لا تحافظ على وضعها نفسه بالنسبة لمستوى المسار الكسوفي. ويؤكد كوبرنيكوس

الضرورة لذلك؛ لأنه عند معظم أجزاء كوكبنا، تتغير النسبة بين طول كلٍّ من النهار والليل على مدار العام، وتتعاقب الفصول.

إن الميل الزاوي والدوران المداري حركتان متضادتان في اتجاههما، غير أنهما شبه متساويتين في المقدار، وفق رأيه. «يستتبع ذلك أن محور كوكب الأرض وأعظم الدوائر الموازية المحيطة به، وهو خط الاستواء، يبدوان دائمًا ناظرَيْن باتجاه نفس الربع تقريبًا من العالم.» تقريبًا؛ أي ليس بالضبط؛ إذ إنه لا يمكن إنكار المبادرة؛ لقد تغيرت الاعتدالات والانقلابات بمقدار عشرين درجة منذ عصر بطليموس.

إن كوبرنيكوس يوجزها بالقول: «يظل المسار الكسوفي دون تغيير مهما طال الزمن — ودائرة العرض الثابتة للنجوم الثابتة تشهد على ذلك — في حين يتحرك خط الاستواء.» إنه محقٌّ في ذلك؛ وقبله، ظن علماء الفلك عكس ذلك.

## الكتاب الأول، الأجزاء ١٢–١٤: بعض النظريات في هندسة المستويات والمجسمات الكروية

ينتهي هذا الكتاب الأول بانفجار في البراهين الهندسية: الأقواس والأوتار والمستقيمات المقابلة ومتوازيات المستطيلات والمثلثات المسطحة ذات الأضلاع المستقيمة والمثلثات المجسمة. «لما كنا نرى أننا قطعنا شوطًا بعيد المدى حتى الآن بحيث إن الفارق بين الخط المستقيم والمنحنى الدائري يستعصي على الإدراك الحسي بصورة مكتملة كما لو كنا نرى خطًّا واحدًا وحسب ...» أقترحُ إعفاءك من قراءته من كل هذا، ولا سيما تلك المجموعة المطولة من الأعداد في «جدول الأوتار لدائرة ما»، استنادًا إلى هذا التبرير من كوبرنيكوس نفسه: «إذ لو كان علينا أن نعالجها بمزيد من التفصيل، لبلغ العمل حجمًا غير عادي.»

# مدارات كوكب الزهرة

أين كنا؟ في مركز الكون بالطبع. والآن ماذا عن كوكب الزهرة؟

إن هذا الجرم السماوي، الذي كان يمثل لشعوب بلاد ما بين النهرين «عشتار» الخصبة التي كانت صورتها تميمة جالبة للسعد؛ فهي عند نحتها من حجر اللازورد السماوي في نفس الساعة التي يصعد فيها كوكب الزهرة ليدخل برج الثور، تساعد الرجال على الفوز بقلوب النساء، في حين كان بالنسبة لكوبرنيكوس وبطليموس نجمًا سيارًا، وبالنسبة لنا «جحيمًا حقيقيًّا من نور أشبه بالشفق بلا ظلال، مملوء بثاني أكسيد الكربون الحار الواقع تحت ضغط هائل»، يجري التعامل معه على أجزاء في كتاب «عن دورات الأجرام السماوية». وفي جزئي البسيط الحزين هذا — قصاصة غير مكتملة من مناجاة النفس التي لا تُقرأ، والمليئة بالأخطاء الموجهة إلى مستقبل ربما فرَّ منه كاتبها — لا يمكنني أن آمل في أن أكون منصفًا تجاه العديد من التعليقات الرياضية لكوبرنيكوس؛ ناهيك عن أنني لست راغبًا أصلًا في ذلك. تجاهل الدوران القهقري للزهرة، وهي خاصية لا يشاركه فيها — على حد علمنا حتى الآن — سوى أورانوس من بين سائر كواكب مجموعتنا الشمسية. لا عليك من أنه من «اقتران سفلي» إلى الذي يليه (٥٨٤ يومًا)، أو من «اقتران علوي» إلى علوي، فإن الزهرة فيما يبدو يدور من حولنا نحن أبناء مركزية الأرض أربع مرات، في حين أنه بعد تبين حقائق عصر ما بعد كوبرنيكوس يدور حول الشمس «خمس» مرات. والسبب في ذلك متعلق بمصادفات معينة تتعلق بالسرعة الزاوية للدورات الشمسية للكوكبين.

(هل تهتم بمعرفة ما هي الاقترانات؟ في كون ما قبل كوبرنيكوس، كانت تحدث كلما عبر كوكبان نفس البرج من دائرة البروج. وكان هذا الأمر من المحتمل أن يكون من قبيل الفأل الحسن أو عكسه من الناحية التنجيمية، حسب التآلف أو التعارض المحدد مسبقًا بين أجرام سماوية بعينها. يزعم أحد المنجمين: «الآن تخشى جميع الكواكب حدوث اقتران بينها وبين الشمس، في حين أنها تبتهج في الجانب الثالث أو السادس منه.» للحصول على تعريفنا المعاصر للاقتران، والقائم على عدم مركزية الأرض، انظر ما يلي من هذا الفصل.)

يؤكد كوبرنيكوس قائلًا: «في الموضع الخامس يدور الزهرة حول الشمس في تسعة شهور.» إن تقديره مبالغ فيه بمقدار شهر ونصف؛ إذ إن الدورة الواحدة للزهرة حول الشمس تستغرق بالفعل ٢٢٤٫٧ يومًا. لا عليك من هذا، فقد أصاب في بعض الأمور.

إن كوبرنيكوس يتخيل مدار الزهرة مؤلفًا (وماذا أيضًا؟) دائرة لامتراكزة مع دوران كوكبنا. وهو يحدد نصف قطر دائرة فلك الزهرة برقم ٧١٩٣ مقارنةً بنصف قطر المسار الكسوفي البالغ ١٠٠٠٠. حين نحسب الآن متوسط نصف قطر مدار الزهرة نجده يبلغ ٠٫٧٢٣٣ مرة من نصف قطر كوكب الأرض، وإذا قسمنا ٧١٩٣ على ١٠٠٠٠ نحصل على رقم مقارب للغاية على نحو مثير للإعجاب قدره ٠٫٧١٩٣.

إن المدار الذي رسمه للزهرة غير معقد نسبيًّا؛ ويعلق جيكوبسن عليه بقوله: «جميع الحركات في الرسم مباشرة ... نظرًا للقيمة الصغيرة للاتراكزية المركز والقيمة المتوسطة للميل الزاوي للزهرة، ويعبر هذا الترتيب بصورة لا بأس بها عن حركة الكوكب على خط الطول.»

يقع المدار الصحيح لكوكب الزهرة أبعد من قدراتي على الوصف، وبأكثر مما يفوق قدرات بطليموس وكوبرنيكوس، غير أنه جدير بأن نقطع شرحنا كي نتأمل في حالة الزهرة، حتى ولو سطحيًّا؛ إذ إن كوبرنيكوس «على ما يبدو يشعر أنه كسب قضيته المتعلقة بدوران الأرض بمرافعة قام بها كوكبا الزهرة وعطارد.»

## «على استقامة واحدة مع خصيتَي برج الدلو»

كما رأينا في الجزء ١٠ من الكتاب الأول من كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، كان السؤال الأول الذي تعيَّن الإجابة عليه هو: أين يقع كوكب الزهرة؟

درس كلٌّ من بطليموس وكوبرنيكوس هذه المسألة. يذكر بطليموس: «وفي العام الحادي والعشرين من التقويم الأدرياني مساء يوم ٩–١٠ من شهر أمشير المصري، رصدنا بأنفسنا كوكب الزهرة وهو في أعظم استطالة له بعيدًا عن الشمس، كان قريبًا جدًّا من ثلثي بدر كامل شرق أقرب نجم إلى الشمال من الأربعة التي توجد داخل مربع، يتبع النجم باتجاه الشرق من خصيتَي برج الدلو، وعلى استقامة واحدة معه؛ وقد بدا فائقًا على النجم في لمعانه.» من واقع مشاهداته الخاصة، ومن واقع تلك التي رصدها ثيو عالم الرياضيات، يحدد بالضبط موقع حضيض وأوج كوكب الزهرة اللامتراكز داخل المسار الكسوفي: خمس وعشرون درجة داخل برج الثور، وخمس وعشرون درجة داخل برج العقرب، على الترتيب. ثم يرسم ثلاث دوائر متداخلة ويحسب نصف قطر فلك تدوير الزهرة والمؤجل الذي يمتطيه فلك التدوير.

في هذه الأثناء، عام ١٥٢٩، «في اليوم الرابع السابق على منتصف مارس» يرصد بطلنا الناسك المتعبد في محراب العلم عبقري فك الشفرات كوكب الزهرة بنفسه معلنًا في نشوة الانتصار: «قبل الغروب بساعة ومع بداية الساعة الثامنة بعد انتصاف النهار، شهدنا القمر يبدأ في حجب الزهرة من ورائه عند نقطة المنتصف من الجزء المظلم بين القرنين، واستمر هذا الاحتجاب حتى نهاية الساعة أو بعدها بقليل ... وعند منتصف الساعة أو ما يقرب منها، كان مركزا القمر والزهرة مقترنين معًا، وكان المشهد مكتملًا عند فراونبورج.»

هذا بالضبط ما حدث؛ والآن ماذا عن الدوائر التي رسمها كلٌّ من بطلينا؟

أقرب الأجرام السماوية لكوكبنا الأرضي الثابت ومركز الكون الخالد هو القمر. لقد علمنا ذلك بالفعل. وأبعدها، كرة النجوم الثابتة التي تدور في جميع الأوقات، أو على الأقل حتى يوم القيامة. هذا أيضًا أمر مفروغ منه. وبين هذين الحدين السماويين، تدور جميع الكواكب من حولنا، في الترتيب المتصاعد التالي لقربها، حسبما نعرف من «فتراتها» المتناقصة (الفترة هي الزمن الذي تحتاجه لإكمال دورة واحدة): فلك زحل، وفلك المشتري، وفلك المريخ. ومن تحتها، مع أن موقعها الدقيق تحيط به الشكوك، يضع بطليموس فلك الشمس. كانت لديه شكوك بشأن بموقع فلكَي الزهرة وعطارد.

## التزيُّح

لا بد أن يكون فلك الزهرة أعلى من فلك الشمس، وليس أدنى منه، هكذا زعم بعض القدماء، ومن بينهم أفلاطون؛ فلو كان أدنى منه؛ أو بمعنى أصح، يقع بيننا وبين الشمس، لحدث للشمس أحيانًا «كسوف يتناسب مع» حجم قرص كوكب الزهرة، ونحن لم نشاهد هذا يحدث مطلقًا (لكنه حدث في نهاية المطاف، ولكن ليس قبل عام ١٦٣٩؛ فتلك السنة التاسعة عشرة من الحقبة التليسكوبية حدثت خلالها أول عملية رصد لعبور الزهرة من أمام الشمس. ولَمَّا كانت تلك الظاهرة تحدث على فترات شاذة تتراوح بين ٨ و١٢١ عامًا، فلقد كنا محظوظين إذ شهدنا هذه الحقيقة بهذه السرعة الشديدة. أما فيما يتعلق بعطارد، الذي هو في الوقت نفسه إله الحكمة عند شعوب ما بين النهرين، فقد أبلغني أحد الفلكيين المعاصرين أن هذا الجرم السماوي أيضًا «بالغ الصغر بحيث لا يمكن رؤيته بالتليسكوب.» باختصار: فإن لأفلاطون عذره. ولا تعد إدانة له أن حالات عبور عطارد من أمام الشمس تحدث كثيرًا، بمعدل مرة أو مرتين كل ثلاثة أعوام).

وتقديرًا منه لقيمة عمليات الرصد التي يعتد بها فيما يتعلق بهذين «النجمين السيارين»، يقرر بطليموس وضع ثقته في الحكم الذي أصدره قدماء يخالفونه الرأي، ويضعهما في مرتبة أعلى من القمر وأدنى من الشمس، مع أن يقينه في تلك المسألة ظل منقوصًا؛ لأن الزهرة والمريخ لا يبديان أي «تزيح يمكن أن تدركه الأبصار».

مثلما يذكِّرنا مترجم كوبرنيكوس، هناك «دومًا» تزيُّح.

ولكون التزيح معضلة هندسية، غالبًا ما يقاس بوحدات أنصاف الأقطار والثواني القوسية. وهو ينقسم إلى أنواع وفئات مضنية خاصة به؛ ويكفي هنا شرحها على النحو التالي:

في أيامنا هذه، عندما نقيس موضع نجم ما، نأخذ إحداثيين زمنيين له، الثاني بعد الأول بستة شهور، بحيث تكون الأرض قد قطعت أطول مسافة ممكنة عن وضعها الأصلي. ويمكن حساب موقع جرم سماوي أقرب مثل القمر من موضعين اثنين على الأرض ذاتها، ما يعني إما نقطتان في الفضاء، أو مكان واحد في لحظتين زمنيتين مختلفتين من دوران الأرض على مدار الليل. وفي أي الحالتين، تشترط علينا عملية التثليث الهندسي، وهي من المبادئ الأصولية في حساب الاتجاهات سواء الأرضية أو السماوية، معاملة الجسم المعني باعتباره نقطة من مثلث، ثم رصده من نقطتين أخريين يمكن اعتبارهما الرأسين الآخرين لذلك المثلث.[١] وهذان الإحداثيان من الموضعين المعلومين هما اللذان يؤكدان موقع النقطة المجهولة.

مع حركة نقطتنا المرجعية عبر فلكها المتمركز حول الشمس، يبدو من ثم موقع النجم الذي نريد إيجاد بُعده عنا وقد غيَّر من زاويته بالنسبة للنجوم التي تُشاهد في خلفيته، ولكن — لحسن حظ مبدأ مركزية الأرض البطلمي — ليس بدرجة كبيرة للغاية. ولهذا السبب اعتبر بطليموس التزيح النجمي أمرًا غير محسوس. ولو كان كوبرنيكوس قادرًا على اكتشافه، لكان كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» قد عانى قدرًا أقل من التقلبات. غير أن كوبرنيكوس — لو تتذكر — هو الشخص القائل: «لو أنني تمكَّنت من إجراء حساباتي بحيث تتفق نتائجها مع الحقيقة في نطاق خطأ لا يزيد على عشر درجات، لوجب عليَّ أن أطير فرحًا مثلما فعل فيثاغورس.» إن التزيُّح في حقيقة الأمر كثيرًا ما يقل دومًا عن درجة واحدة (وقد كتب أحد المنجمين يقول لي: «أوافق بشدة على أن أعظم تزيُّح يبلغ ٠٫٧ ثانية قوسية، وبهذا يكون أقل من ١ / ٥٠٠٠ من الدرجة الواحدة»). من بين الأسباب التي جعلت تيكو براهي يستبعد في نهاية المطاف نظام كوبرنيكوس الشمسي أنه بالرغم من كل عمليات الرصد المضنية التي أجراها (وهو بصفة عامة من المسلم به أنه واحد من أعظم راصدي السماء على مر العصور)، لم ينجح مطلقًا في قياس التزيح لأي نجم؛ وكان سبب ذلك تحديدًا ما أعلنه كلٌّ من بطليموس وكوبرنيكوس من قبل: مقارنةً بالاتساع الهائل للسماء، يجب اعتبار الأرض مجرد نقطة هندسية لا أكثر. ولكن كما رأينا، حتى اعتبارها نقطة لا يكفي! فكيف يمكننا أن نلقي باللوم عليهما لتراجعهما عن كون هيرشل؟ إن بطليموس يكتب في صدق قائلًا: «من الواضح أنه في حالة تلك النجوم غير محسوسة التزيح (بمعنى تلك التي تعد الأرض بالنسبة لها نقطة) فإن معرفة نسبة المسافة سوف يكون مستحيلًا.»

من نافلة القول، أن بطليموس لم يتبع الإجراء المذكور منذ قليل؛ إذ إنه لم يكن يؤمن بأن الأرض تتحرك. ولمعرفة التفاصيل، استشِر حواريه الوفي كوبرنيكوس، الذي يخبرنا بأسلوب بناء نموذج يحاكي جهاز قياس التزيح الذي ابتكره بطليموس: ثلاث حواف مستقيمة طويلة مدرجة مقسمة إلى ما لا يقل عن ١٤١٤ من أجزاء ومحاور وعدسات عينية تسمح للراصد بقياس المسافة بين الجرم السماوي وقمة الأفق، «وبواسطة جدول»، وهو إهداء مقدَّم من كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» «سوف يحصل على القوس المطلوب للدائرة العظيمة المارة من خلال النجم وقمة الأفق.»

من السهل نسبيًّا قياس تزيح القمر، لقرب هذا الجرم السماوي منا. وهو وفق حساب بطليموس ٧′ ١°، ومنه اشتق حساب المسافة بين الأرض والقمر لحظة الرصد لتصبح ٤٠ ضعف نصف قطر الأرض مضافًا إليها خمس وعشرين دقيقة قوسية.[٢]

وظلَّ تزيح كوكب زحل — وهو الكوكب الطرفي بين مجموعة الكواكب المكتشفة حتى زمن بطليموس — قابلًا للقياس حتى وإن كانت عملية القياس أقل يسرًا من الناحية العملية. لكن نجم النسر الواقع، وهو جارنا القريب، يبعد عنا بمقدار خمس وعشرين سنة ضوئية مضنية. السنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في عام واحد، وخمس وعشرون سنة ضوئية تعدل ٢٣٧٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ كيلومتر، وهو رقم مستعصٍ على الفهم سوف نتظاهر أننا نفهمه بالتعبير عنه بطريقة علمية هي $٢,٣٧ \times ١٠^{١٤}$ كيلومترات. ومقارنةً بتلك المسافة، يمكن اعتبار إجمالي الدائرة الكسوفية التي تقطعها الأرض في دورانها حول الشمس، لأغراض عملية كثيرة، لا سيما إذا علمنا مدى بدائية الأدوات التي استعملها تيكو، لا تزيد عن نقطة فعلًا.

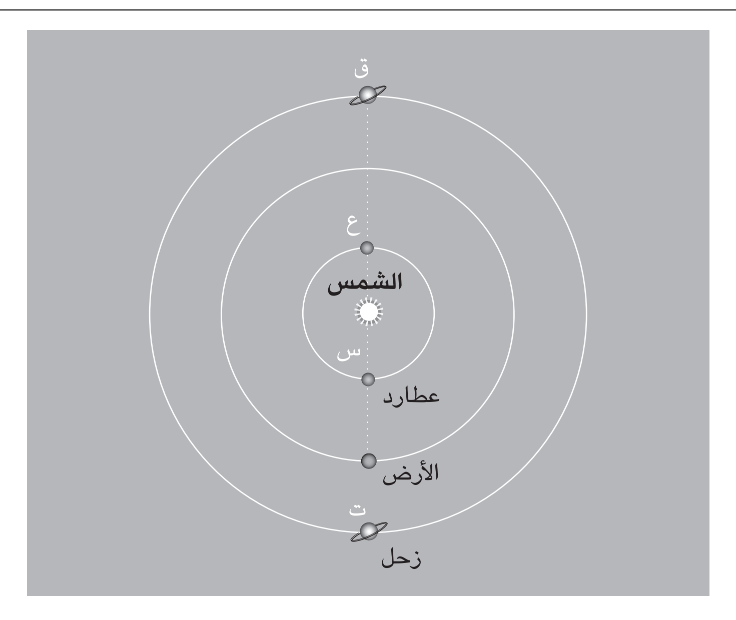
يبلغ تزيح نجم النسر الواقع نحو ٠,١٣ ثانية قوسية. مسكينة تكنولوجيا عصر بطليموس، التي كان كل ما في وسعها عمله تقريبًا أن تقسِّم دائرة نحاسية إلى ٣٦٠° متساوية نسبيًّا، وكلٌّ منها مقسم إلى ٦٠′. ولو كان بطليموس صنع ٦٠ تقسيمًا فرعيًّا آخر (وقد صنع بالفعل أداته الخاصة به، مزودة بقضبان ومواشير، «مقسمًا الخط بالغ التحديد على القضيب الثابت إلى ٦٠ جزءًا، كلٍّ منها إلى أكبر عدد ممكن من التقسيمات») لكان وصل إلى الثواني القوسية، لكنه حينئذ كان سيحتاج إلى تقسيم كل ثانية قوسية إلى مائة جزء آخر حتى يتمكن من قياس تزيح نجم النسر الواقع. كان هذا سيبلغ إجمالًا ١٢٩٦٠٠٠٠٠ علامة. ماذا لو استقر على تقسيم الثانية الواحدة إلى عشرة أجزاء، وأجرى عملية تقريب لرقم ٠,١٣ ثانية قوسية ولو إلى رقم لطيف هو ٠,١ ثانية قوسية؟ حينئذ كان سيظل بعيدًا عن القياس الصحيح بأكثر من ٧ سنوات ضوئية ونصف السنة!

يكتب د. إريك ينسن قائلًا: «بالرغم من صحة تلك العبارة فإنها تبدو غريبة، ولو كان بطليموس فعل ذلك، لاقترب من الإجابة الصحيحة على نحو مذهل، أما مسألة أن حساباته بعيدة قليلًا عن الصواب فلا تبدو ذات أهمية كبيرة.» نعم، ولكن سبع سنوات

ضوئية ونصف! هذا معناه ٦٫٦٤ × ١٠^١٣ كيلومترات من الترحال الخاطئ في ظلام هيرشل الذي لا نهاية له، والذي لم نفهمه بعد؛ ذلك الظلام الذي شيدنا فيه — بالرغم من مخاوفنا — في يوم من الأيام فلكًا أكثر خطأً من النجوم الثابتة، واعتبرناه الحد النهائي لكل شيء، وذلك الفلك يعد — مقارنةً بذلك الظلام — مجرد نقطة لا أكثر …

أما بالنسبة لتيكو، فإن محاولته قياس التزيح النجمي كانت ستفشل حتى لو امتد العمر به تسع سنوات أخرى وامتلك تليسكوب جاليليو. ففي رأيه، لم يتحرك أقرب نجم بالنسبة للنجم الأبعد؛ ومن ثم فإنه لا بد أن الأرض هي الأخرى لا تتحرك. لم يسترعِ التزيح النجمي انتباه أحد حتى عام ١٨٣٨.

بدا لبطليموس حساب تزيح كوكبَي الزهرة وعطارد أمرًا مستحيلًا؛ لأنهما «يتواريان وقت اقترانهما بالشمس، ولا يُظهران سوى الحيود التي يصنعانها على أيٍّ من جانبي الشمس؛ ومن ثم فإنهما لا يشاهدان أبدًا دون تزيح.» هذه الكلمات السابقة من أقوال كوبرنيكوس لا بطليموس. إن الاقتران معناه حالة تكون فيها الأرض والشمس والكوكب المعني واقعة جميعًا على استقامة واحدة. عند الاقتران السفلي، يكون أيٌّ من الكوكبين الداخليين عند أقرب موضع له من الأرض، أما عند الاقتران العلوي، يكون الكوكب عند أبعد نقطة له عن الأرض؛ فهو يقع على الجانب الآخر من الشمس. أما الكوكب الخارجي فإنه إذا وُجد في ذلك الوضع الأخير، يقال ببساطة إنه مقترن بالشمس (الكوكب الخارجي عند أقرب نقطة له من الأرض يكون في «مواجهة» الشمس، وهي علاقة تشكِّل شيئًا من الأهمية للمنجمين، الذين ربما لا يدينون بها لكوبرنيكوس؛ إذ إنه عندما يدخل أحد الكواكب برج العقرب مثلًا في حين يتصادف عبور كوكب آخر برج الثور، تكون المسافة الفاصلة بينهما ١٨٠° على العجلة السماوية، ويقعان في تضارب؛ ومن ثم فإن علاقتهما معًا تكون نذير شؤم). وفي كل تلك الأحوال، تقع الأجرام السماوية الثلاثة على استقامة واحدة؛ مما يجعل الحساب الموضعي للجرم الثالث فيها أمرًا ميسورًا لراصد الجرم الأول (فقط إذا تمكَّن من رؤيته)! لا يهم؛ هذا يكون من الصعب دومًا عندما تؤمن بحركة دائرية منتظمة ولا تمتلك تليسكوبًا …




**شكل ١١:** الاقتران والتقابل (رأي بطليموس).

عند حدوث اقتران، يكون مقدار الاستطالة الزاوية بين الشمس (أو، على نحو أكثر تعميمًا، أي جرم سماوي آخر) والكوكب المقصود صفرًا حسبما يشاهَد من الأرض.

عند الاقتران السفلي (النقطة س)، يكون أحد الكوكبين الداخليين عند أقرب نقطة له من الأرض.

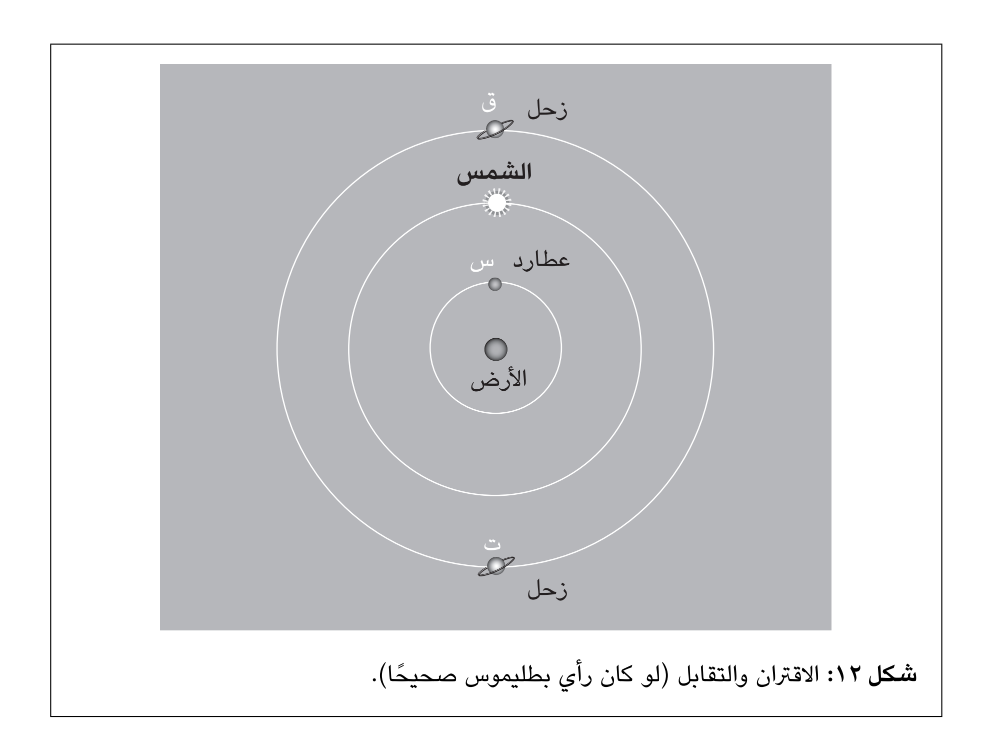
عند الاقتران العلوي (النقطة ع)، يكون هذا الكوكب عند أبعد نقطة له عن الأرض.

عند النقطة ق، يكون أحد الكواكب الخارجية في حالة اقتران مع الشمس عندما يكون في أبعد نقطة له عن الأرض.

عندما يكون أقرب ما يكون إلى الأرض (النقطة ت)، يكون الكوكب الخارجي في حالة تقابل مع الشمس. وعندها فقط يتراجع الكوكب الخارجي القهقرى.

إننا نعلم الآن أنه عند الاقتران العلوي يكون الزهرة على بعد ١٦٠ مليون ميل عنا؛ وعند الاقتران السفلي يكون على بعد ٢٦ مليون ميل (في حالة عطارد تكون هاتان المسافتان على الترتيب ١٣٦ مليون ميل و٥٠ مليون ميل). بالتأكيد مثل تلك الفروق الموضعية الهائلة كانت ستلائم أحد أسلاف بطليموس من راصدي السماء كي يستفيد

منها. يذكر بطليموس أن أوضاع زحل والمشتري والمريخ من الممكن قياسها — في حقيقة الأمر، لا يمكن قياسها إلا — «عندما تكون في حالة تقابُل مع الشمس»؛ ومن ثم «تخلَّوا عن تزيحهم.»[٣] من وجهة نظرنا الأرضية، يمكن بالطبع أن نصير على استقامة واحدة مع الكوكبين الداخليين من المجموعة الشمسية، ولكن عند تلك النقطة، مثلما كان حديث كوبرنيكوس يعني ضمنًا «أنهما يتواريان»، حيث يحجبهما ضوء الشمس الذي من القوة بحيث يسبب العمى.




**شكل ١٢:** الاقتران والتقابل (لو كان رأي بطليموس صحيحًا).

## دائرة أخرى تامة الاستدارة

أين الزهرة إذن؟ رأينا من قبل أن بطليموس وضع هذا الكوكب، ومعه عطارد كذلك، في فلك أعلى من فلك القمر وأدنى من فلك الشمس. وإليك أكثر المبررات إقناعًا لفعله ذلك في غياب قدرٍ أفضل من اليقين: إنه يحبذ استخدام «الشمس كخط طبيعي فاصل بين هذين

الكوكبين بحيث يكون هذا الخط أي مسافة زاوية تفصل بين الشمس وتلك الأجرام التي ليس في وسعها سوى أن تتحرك دومًا بالقرب منها.»

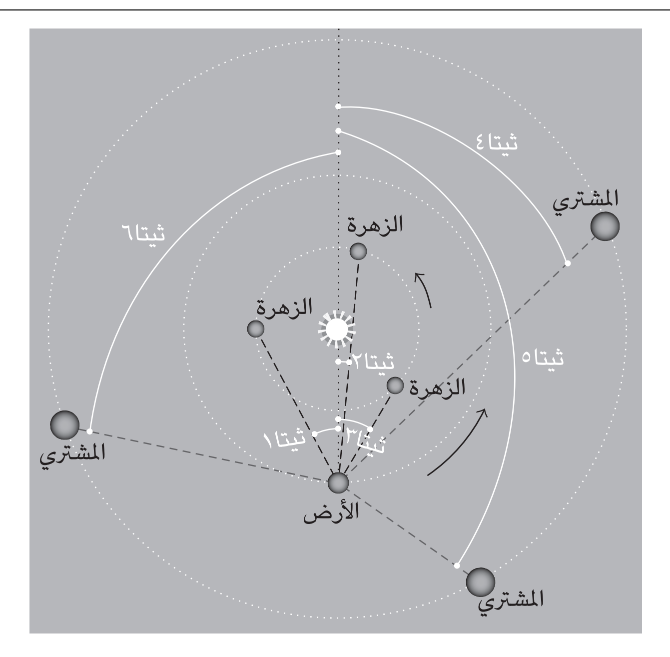
وهو يقصد بعبارة «تلك الأجرام التي ليس في وسعها سوى أن تتحرك دومًا بالقرب منها» الكوكبين الداخليين عطارد والزهرة اللذين — بلغة كوبرنيكوس — «لا يحجبهما اقتراب الشمس، مثلما هي الحال مع الكواكب الأعلى؛ كما أنهما لا ينكشفان عند رحيلها. ولكن عندما يأتيان من أمامها، يختلطان بإشعاع الشمس ويحرران نفسيهما.»

يوجِز أحد المؤرخين الفلكيين الظواهر الزُّهرية على النحو التالي: «ينجذب كوكب الزهرة نحو الشمس، إلى أن يغمره شعاعها ويخفيه، ثم يخرج الكوكب إلى الجانب الآخر، لا لكي يُشاهَد على هيئة نجمة مسائية، وإنما كنجمة صباحية. حقيقة الأمر، كان واضحًا أن الزهرة بطريقة ما أو بأخرى كانت تصاحب الشمس في حركتها السنوية.»

والآن لكي نحدد مقدارًا كميًّا لتلك المصاحبة نقدم فكرة «الاستطالة الزاوية» لأحد الكواكب، وهي تحديدًا تلك الزاوية التي توجد بطول المستوى الكسوفي الواقع بين هذا الكوكب والشمس، حسبما تقاس من الأرض، بالدرجات جهة الشرق أو الغرب من الشمس.

أثناء رصد كوكب الزهرة من أي برج كنيسة فوق سطح الأرض، تبلغ أقصى استطالة زاوية له نحو خمس وأربعين إلى سبع وأربعين درجة، وهي بالنسبة لعطارد أقل من ذلك (ثمانٍ وعشرون درجة). ويمكن للكواكب الأخرى، حسبما لاحظ بطليموس، الدوران بأي زوايا متاحة. إذا ألقينا نظرة سريعة على شكل النظام الشمسي الداخلي كما ندركه الآن، لوجدنا أن سبب هذا الفارق الصارخ بين الكواكب الخارجية والكوكبين الداخليين واضح من الناحية البصرية، أو إن شئنا القول: واضح لكل من يؤمن بمركزية الشمس.

فماذا يقول كوبرنيكوس في هذا الشأن؟ «إن مدى بُعد حجة بطليموس — القائلة بوجوب شغل الشمس لمركز متوسط بين تلك الكواكب التي لديها نطاق كامل من الاستطالة الزاوية من الشمس وتلك التي ليست لديها ذلك النطاق — عن الإقناع تتضح من حقيقة أن النطاق الكامل للاستطالة الزاوية للقمر تبرهن على خطأ تلك الحجة.»




**شكل ١٣:** الاستطالة الزاوية (حسب رأي كوبرنيكوس).

الزاوية المحصورة بين الجرم السماوي المعني ونقطة مشاهدة الراصد الأرضي والشمس، معبرًا عنها بالدرجات شرقًا أو غربًا.

كما هو مبين في الزوايا الزُّهرية ثيتا١ وثيتا٢ وثيتا٣، يجب أن تكون زاوية الاستطالة لأيٍّ من الكوكبين الداخليين حادة دائمًا. في حالة الزهرة، لا تتجاوز الزاوية أبدًا ٤٧ درجة.

تُبين الاستطالات المشترية ثيتا٤ وثيتا٥ وثيتا٦ أن استطالة أحد الكواكب الخارجية من الممكن أن تتخذ أي قيمة من صفر إلى ٣٦٠ درجة.

(إذا أردت رأي بطليموس في استطالة كوكب داخلي، لاحظ التوجيه المقيد عند القطر التدويري في شكل ١٥. التفسير الكوبرنيكي عبارة عن تبسيط رائع.)

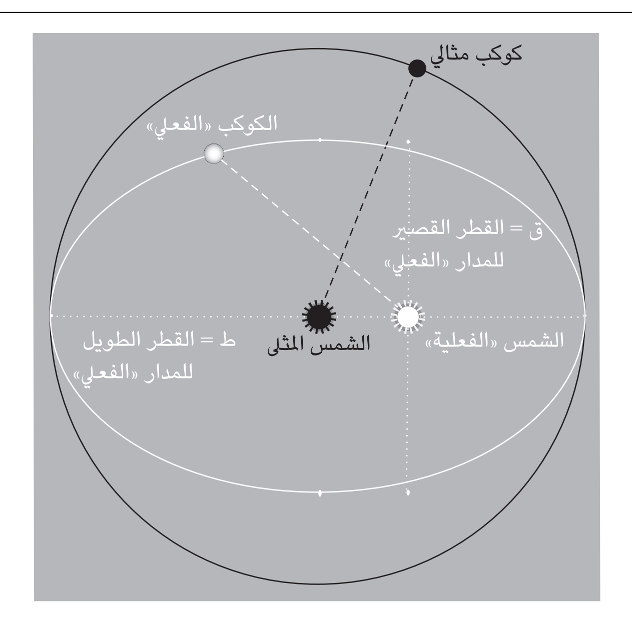
هذا الهجوم، برغم أنه يثير الضيق، فإنه يمثل بالكاد رصاصة رحمة. وبفضل إدراك الأشياء بعد حدوثها، يعرض مترجم بطليموس القضية على نحو أفضل: «هذا التمييز بين نوعَي الكواكب — تلك التي يكون بُعدها الزاوي عن الشمس محدودًا وتلك التي يكون

بعدها الزاوي عن الشمس غير محدود — أمر عارض في منظومة بطليموس، غير أنه نابع بالضرورة من الفروض الأولى لنظام كوبرنيكوس.»

كذلك من السهل تمامًا على المنتمين لحقبة ما بعد كوبرنيكوس استقراء تلك البيانات (على نحو صحيح)؛ حيث إنها تبين أن الزهرة وعطارد يجب أن يكونا أقرب للشمس منا، وأن عطارد لا بد بالضرورة أن يكون أقرب للشمس من الزهرة. وبطبيعة الحال، لو كان الكون القديم لا يزال على قيد الحياة، فإن زعمًا كهذا كان كفيلًا بجعله يصرخ بملء ما فيه.

ومن ثم، نجد داخل كتاب «المجسطي» نظامًا إضافيًّا من نظم المؤجِّل — فلك التدوير — الموازِن: دائرة تامة الاستدارة تدور على نحو غير تام حول الأرض، حاملة معها مركز دائرة أخرى تتبع مسار مدار الزهرة. وكان من الملائم لبطليموس (وبالمصادفة لكوبرنيكوس أيضًا)، أن يتبين أن الفلك الفعلي للزهرة أقرب لتمام الاستدارة من مدار أي عضو آخر من أعضاء نظامنا الشمسي! وحتى نكون أكثر دقة، لم يكن «اللاتراكز المداري» له — أو بمعنى آخر: انحرافه عن الدورانية تام الاستدارة — أكثر من ٠٫٠٠٧.

ومع ذلك، لا يتمكن المترجم من التنصل من واجبه في التعليق على هذا بقوله: «في نطاق المنظومة البطلمية، كان مما يستدعي الملاحظة ومما لا تفسير له أن فترة دوائر عطارد والزهرة الحاملة لأفلاك التدوير ينبغي أن تكون مساوية لعام واحد، وأنه ينبغي على الشمس دائمًا أن تكون على استقامة واحدة مع مركز فلك التدوير.» وهو ما لم يكن صحيحًا دائمًا في حالة الكواكب الخارجية. لا يهم. هل يمكن لشخص ينتمي لحقبة ما بعد كوبرنيكوس أن يفسر لماذا تبيَّن أن لكل كوكب (باستثناء نبتون) مسافة تفصله عن الشمس تكاد تعادل بالضبط ضعفَي المسافة الفاصلة بينها وبين أقرب جيرانه الداخليين؟ إن هذه الظاهرة، التي تسمى بقاعدة بودز، تظل مستعصية على الفهم. من وجهة نظر بطليموس إذن، لماذا لا يمكن أن تكون السمات المميزة لأفلاك تدوير عطارد والزهرة سوى سمات خاصة بها وحدها، لا أكثر ولا أقل؟




**شكل ١٤:** اللاتراكزية المدارية.

ط = القطر الطويل لمدار الكوكب.

ق = القطر القصير.

لتحقيق الوضع الأمثل لكوكب ما حسب رأي بطليموس (وكوبرنيكوس أيضًا)، ط = ق. أما في الواقع، فإن من الصعب أن نصادف دوائر تامة الاستدارة. الانحراف عن الوضع الأمثل = اللاتراكزية (هـ)، وتقاس على النحو التالي: هـ = (ط − ق)/(ط + ق).

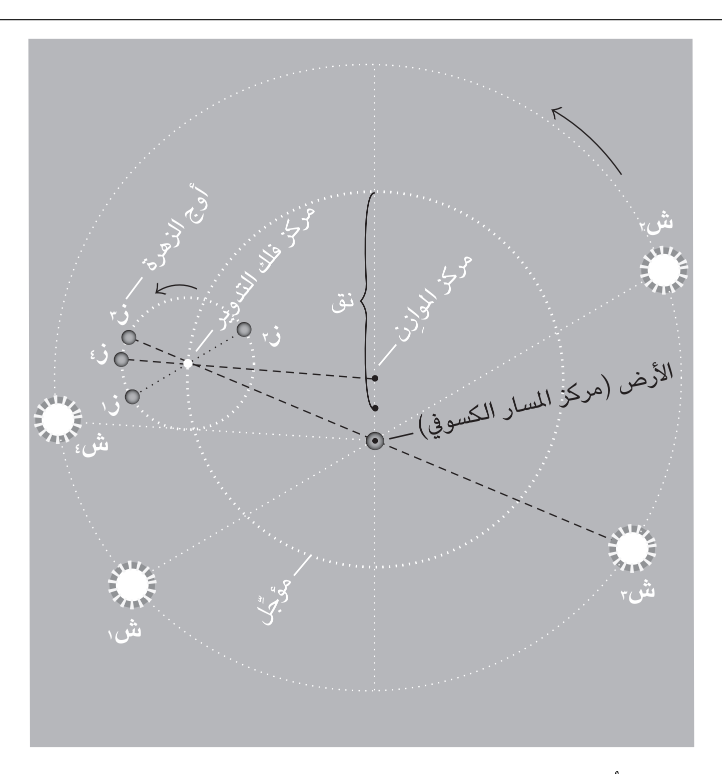
بيانات الكواكب الخمسة المعروفة حتى زمن كوبرنيكوس:

أقل درجة لاتراكز: الزهرة عند ٠,٠٠٧

أقصى درجة لاتراكز: عطارد عند ٠,٢٠٦

(الأرض عند ٠,٠١٧)

**«إذن، حسب ادعائهم، ما الذي يحتويه كل هذا الفضاء؟»**




**شكل ١٥:** المدار الزُّهري حسب رأي بطليموس.

عندما يكون كوكب الزهرة عند النقطة ز٣.

يكون في حالة اقتران مع متوسط موقع الشمس عند ش٣. عندما يكون كوكب الزهرة عند النقطة ز١، تكون الشمس عند النقطة ش١. وعندما يكون الزهرة عند ز٢، تكون الشمس عند ش٢. في تلك الحالات وفي جميع الأحوال الأخرى (باستثناء ز٣ وش٣)، يكون الخط الواصل بين مركز فلك التدوير وكوكب الزهرة موازيًا للخط الواصل بين الأرض ومتوسط موقع الشمس.

يذكِّرنا توماس كون بأن شرط أن يكون الحد الأقصى لاستطالة تلك الزوايا نحو خمس وأربعين درجة «يحدد تمامًا الأحجام النسبية لكلٍّ من فلك التدوير والمؤجل.» وفي كتابه «عن دورات الأجرام السماوية» يستنتج متحدينا بالتالي أن هندسة زُهرة بطليموس تحتاج

إلى نطاق هائل على نحو يثير الغرابة. «إذن، حسب ادعائهم، ما الذي يحتويه كل هذا الفضاء، هذا الفضاء الهائل العظيم الذي يستوعب الأرض والهواء والأثير والقمر وعطارد، ويستوعب علاوة على ذلك فلك تدوير كوكب الزهرة الشاسع لو أنه كان يدور حول كوكب الأرض الساكن؟»

ويعلق ينسن هنا بقوله: «ولكونه بهذه الضخامة، فإنه يبدأ في الظهور في صورة محض مواءمة رياضية من أجل الحصول على الحركة الصحيحة. والحقيقة أن كوبرنيكوس، بالرغم من التزامه اللصيق بالحركة الدائرية، فإنه لا يضطر للجوء لأي أفلاك تدوير بهذا الحجم الهائل حسبما أعتقد.» وهكذا فإن ينسن متعاطف مع هذا الأسلوب في الهجوم. إن فلك تدوير الزهرة «غير متناسب» مع فلك تدوير أي كوكب آخر معروف. أنا نفسي أستشعر خطأً ما في الأمر. إنه يرفض مطلقًا التخلي عن فكرة الكون المتناهي، ويطالب بمعرفة كيف يمكن للزهرة أن تستوعب كل ذلك الفضاء الهائل، في حين أننا لم نَرَ مطلقًا فضاءً أكثر ابتعادًا عن التناسب بهذا القدر الهائل، يفصلنا حتى عن أقرب نجم لنا في برج الجدي. ما الذي يقوله أي شخص منا عما يحتويه كل ذلك الفضاء؟ ماذا «يمكننا» أن نقول؟

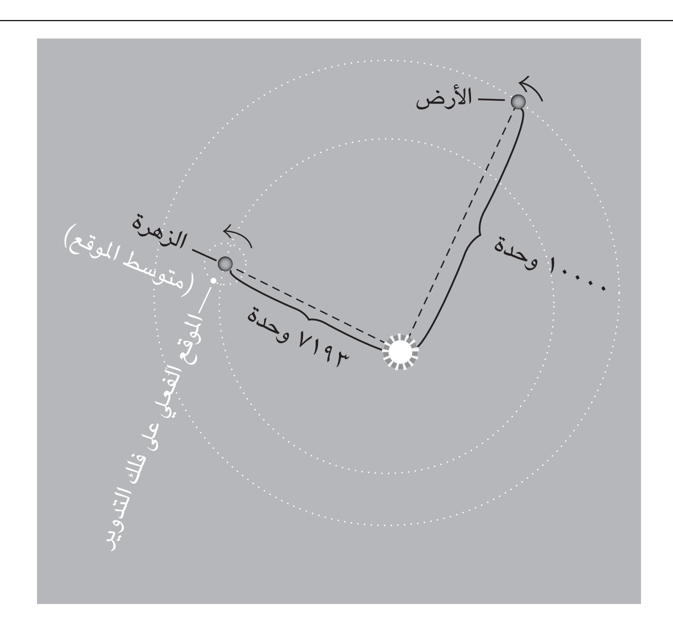
## «شرح أيسر وأكثر ملاءمة»

من وجهة نظرنا المؤكدة التي ترى أن الأرض ليست مركز الكون، يشبه وصف كوبرنيكوس لفلك الزهرة وصف بطليموس له بنفس القدر الذي يختلف معه فيه.

يقول كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»: «تبيَّن أن حركة كوكب الزهرة مركَّبة من حركتين منتظمتين، إما بسبب فلك التدوير للدائرة اللامتراكزة، مثلما ذكرنا من قبل، أو بسبب أيٍّ من الأساليب السابق ذكرها. غير أن هذا الكوكب مختلف إلى حدٍّ ما عن غيره من الكواكب من حيث نظام وتكافؤ حركاته؛ وحسبما أرى، سوف يكون هناك شرح أيسر وأكثر ملاءمة من خلال الدائرة اللامتراكزة لدائرة لامتراكزة.»

دوائر من حول دوائر! هذا يبدو مألوفًا لنا للغاية.

## «أكثر تعقيدًا من المنظومة البطلمية»




**شكل ١٦:** المدار الزُّهري حسب رأي كوبرنيكوس.

مبسط. الدوائر المدارية الزُّهرية والأرضية لامتراكزة معًا.

إن مدار الزهرة في رأيه عبارة عن لآلئ خالدة في نظام شاسع، لهذا دعوه يذعن للفلكي جيكوبسن، الذي لم يكن إعجابه مطلقًا تمامًا: «على العكس من بطليموس، الذي كان هدفه المحافظة على محاذاة مستويات أفلاك التدوير الكوكبية لمستويات المسار الكسوفي، كان هدف كوبرنيكوس المحافظة على توازيهم مع المستويات «المائلة» لمؤجلاتهم. غير أن جميع خطوط «عقد» المؤجلات مرَّت (خطأً) من خلال الموضع السنوي «المتوسط» للشمس. هذه الآلية وحدها — بصرف النظر تمامًا عن تسبُّبها في أخطاء في المسافات — أدت إلى تباينات لا يمكن التعامل معها في دوائر العرض القائمة على مركزية الشمس.» وخلال معاناته من أجل جعل كل شيء صحيحًا، زعم كوبرنيكوس أن هناك تذبذبات في «جميع» المؤجلات الخارج-أرضية، يزيدها قوة تأرجحات دورية في بعض الكواكب،

وتبلغ قوتها الذروة، فيما يتعلق بكوكبَي عطارد والزهرة تحديدًا، بفعل نوع آخر من الميل يسمى، «الانحراف»، وهو اسم ملائم تمامًا؛ ومن ثم يستنتج جيكوبسن قائلًا: «المنظومة الكوبرنيكية كانت «أكثر» تعقيدًا من المنظومة البطلمية، حتى إذا تضمن وصفها عددًا أقل قليلًا من الدوائر.»

## «غير أن التليسكوب الآن يُظهر بوضوح تلك القرون»

يبدو أن كوبرنيكوس ارتكب عملًا أخرق من جديد، لكن يبقى أمر ينبغي أن نقوله.

إن كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» يخبرنا من جديد بالموضع الذي لا يوجد فيه الزهرة: «حسبما يفترض أتباع أفلاطون من أن جميع الكواكب تلمع بالضياء الذي تستقبله من الشمس، وهي أجرام مظلمة لولا ذلك، فإنهم يظنون أنه لو كانت الكواكب أسفل الشمس، لما كانت شوهدت، بسبب بعدها الطفيف عن الشمس، إلا على هيئة أنصاف كروية أو بدت كروية ولو جزئيًّا؛ إذ إن الضوء الذي تستقبله ينعكس من سطحها لأعلى ... باتجاه الشمس، مثلما نرى في حالة الهلال الوليد أو العرجون القديم بالنسبة للقمر.»

نعم، كلٌّ من بطليموس وكوبرنيكوس متفقٌ بالفعل مع رأي الأفلاطونيين من أن القمر يدور حول الأرض، وأنه يحصل على ضيائه من الشمس؛ ومن ثم فإن المنطق البحت يجزم بأن منازل القمر تحدث على النحو التالي: عندما يولد هلال الشهر القمري الجديد، تكون الأرض مواجهة للجانب الأكثر بعدًا عن الشمس. وعند ذلك التوقيت «ينعكس الضوء الذي يستقبله القمر لأعلى.» وعندما يكتمل القمر بدرًا، تكون الأرض مواجهة للجانب المواجه للشمس. وكلٌّ من التربيع الأول والمحاق يواجهنا بزاوية ٩٠° مع الخط الواصل بين القمر والشمس. وبين التربيع الأول واكتمال البدر، ومرة أخرى بين اكتماله وشكل المحاق، عندما يكون القمر محدبًا، فإن من البديهي أن الزاوية المحصورة بين الخطين الواصلين بين الأرض والشمس والأرض والقمر تتغير بين قيمتَي ٩٠ و١٨٠°.

ولما كان بطليموس — حسبما قيل — قد قرر أخيرًا اتِّباع أسلافه في وضع فلك الزهرة أقرب إلينا من مدار الشمس، ولما لم تكن هناك مشاهدة من قبل أظهرت أن الزهرة ابتعدت بأكثر من سبع وأربعين درجة عن الشمس، فقد صار من المستحيل منطقيًّا لأي امرئ

موجود على الأرض في أي وقت أن يرى من كوكب الزهرة أكثر من نصف السطح المضاء له بفعل أشعة الشمس؛ ومن ثم لا بد أن كوكب الزهرة البطلمي كان هلال زهرة «على أقصى تقدير».

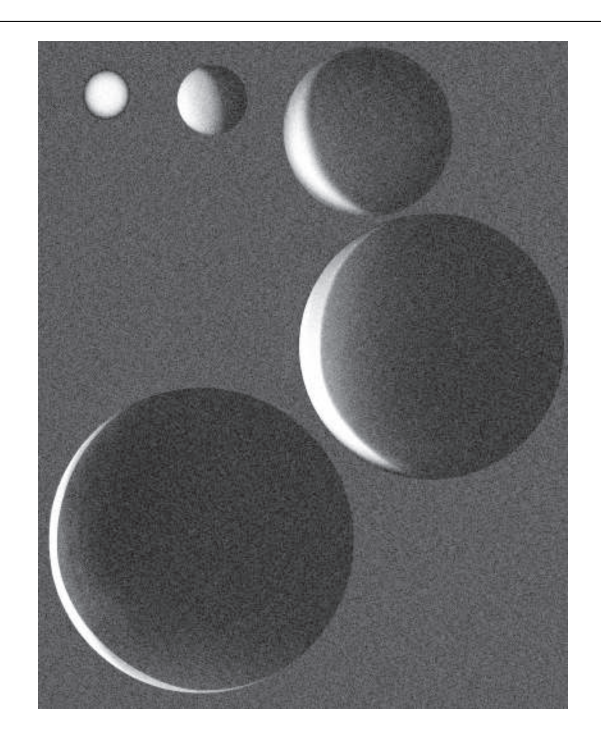
غير أن كوبرنيكوس يقول إن الأرض تتحرك من حول الشمس، وكذلك يفعل كوكب الزهرة؛ ومن ثم، علينا أن نكون قادرين على مشاهدة الزهرة في أطوار مختلفة مثلها مثل منازل القمر.

خلال حياة كوبرنيكوس، كانت حدود المشاهدة تقوِّض أي دليل، غير أنه عام ١٦١١، جاء تليسكوب جاليليو حاملًا معه الدليل على صحة كوبرنيكوس، مبينًا وجود طور محدب للكوكب.

في عام ١٩٤٩ قدَّم عالم منتسب لمجال آخر من مجالات العلم التعريف التالي «للضمانة المطلقة لكل المناهج العلمية. لا بد أن يجتاز المنهج العلمي اختبار الاستخدام وإعادة الاستخدام المستمرَّيْن، وأن يتبرهن على أنه سليم، ليس مرة واحدة وحسب، وإنما آلاف المرات؛ فهو يصبح جزءًا من بنيان المعرفة، ويجب أن يحمل عبئًا متزايدًا باستمرار. ولا مناص أن أي منهج ضعيف سوف يقوض ويفضح نفسه بنفسه.»

لقد أسقطت الكوبرنيكية النظرية البطلمية وحطمتها عند نقطة ضعيفة. لقد فضح كتاب «المجسطي» نفسه أخيرًا.

هناك خرافة انتشرت بين الناس من أن مؤسس الكوبرنيكية تكهَّن بتلك النتيجة التي توصل إليها. وكتب روزن مقالًا خاصًّا ليشكك فيها، معلقًا بقوله: «ولكن ماذا عن أطوار كوكب الزهرة في المنظومة الخاصة بكوبرنيكوس؟ بالطبع هو لم يَرَها قط.» وفي نهاية المقال يعلن في صرامة: «لم يعرب كوبرنيكوس عن أي رأي له فيما يتعلق بأطوار الزهرة.» لا يهم. ربما يكون كوبرنيكوس استقى استنتاجاته عن الأشكال الظاهرية اللازمة للزهرة، وربما لم يفعل. ومع ذلك، فإن الزهرة المحدب كان يمثل نتيجة منطقية لمنظومته، وجرحًا بليغًا آخر في كون بطليموس.



**شكل ١٧:** أطوار الزهرة (الرسم بمقياس رسم).

غير أن جاليليو وقد لاحظ ذلك الجرح الأليم يواصل حديثه مع ذلك قائلًا: «هناك صعوبة أخرى وأعظم من تلك يبديها كوكب الزهرة بالفعل؛ إذ لو كان يدور حول الشمس، حسبما يؤكد كوبرنيكوس، لكان في بعض الأحيان أعلاها، وفي أحيان أخرى أسفلها، متقهقرًا ومقتربًا منا كثيرًا حسب قطر الدائرة التي يدور فيها، ثم في الوقت الذي يصبح فيه أسفل الشمس، وأقرب ما يكون إلينا، يجب على قرصه أن يبدو أكبر من حجمه عندما يعلوها بمقدار يقل قليلًا عن أربعين مرة … ومع ذلك، فإن الفارق يكاد يكون غير محسوس.»

ويبدأ المرء في الاعتقاد أن كوبرنيكوس أخفق من جديد، وأنه في جانب حاسم آخر، لا يتطابق الواقع مع المتطلبات التي تفرضها استنتاجاته الهندسية، إلى أن يأتي موضع آخر بعد ذلك بصفحات عديدة يقول لنا جاليليو فيه: «ولكن التليسكوب الآن يبين بوضوح أن

قرون» الزهرة تلك «محددة ومميزة مثل تلك التي للقمر، وتبدو، مثلما كانت دومًا، أجزاءً من دائرة كبيرة للغاية، تقترب من أربعين ضِعفًا ...»

إن الأرقام الحديثة للتباين في القطر الظاهر لكوكب الزهرة تتراوح من عشر إلى أربع وستين دقيقة قوسية (أرجو منك أن تتذكر التباين الهائل، الذي أوضحنا مقداره في موضع سابق من هذا الفصل، في المسافة بين الزهرة وكوكبنا). لما كانت مساحة دائرة ما تساوي «ط» مضروبة في مربع نصف القطر، فإن ٧٨,٥٤ إلى ٣٢١٦,٩٩ تعطينا معدل المساحات الظاهرة، التي يتبين أنها — وإني لسعيد أن أقولها: ١:٤٠,٩٦.

وهكذا نجد مرة أخرى أنه بالرغم من كل أخطائه الكئيبة، كان كوبرنيكوس أكثر صدقًا من أي فلكي جاء قبله. «لقد رأينا المشهد بأكمله في فراونبورج.»

# شروح: الكتاب الثاني

«الآن سوف نفي بوعدنا بالانتقال من الكل إلى الأجزاء.» هذا ما كتبه كوبرنيكوس جذَلًا، وتفعل بقيةُ أجزاء كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» الشيء نفسه، في عمليات استكشاف للأفكار تشبه الأسوار الخفيضة والمنعطفات الحادة لشوارع كراكوف، وفي قطعة نثرية كئيبة على نحو لا مثيل له. يعلق توماس كون قائلًا إنه لو كان كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» انتهى بالكتاب الأول لما وجب أن تحمل وما كانت لتحمل الثورة الكوبرنيكية اسم كوبرنيكوس، أما «الدراسة الفنية المستفيضة» طيلة الكتب من الثاني وحتى السادس «فهي الإسهام الحقيقي لكوبرنيكوس.» ومع ذلك فقد لاحظت أن توماس كون ينهي موجزه عن كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» مع نهاية الكتاب الأول. وهذا المقال الذي كتبته ليس في وسعه فعل ما هو أفضل كثيرًا من هذا.

### الكتاب الثاني، الجزآن ١–٢: تعريفات عدم المركزية

يبدأ كوبرنيكوس كتابه الثاني بإعادة التعريف بجميع الدوائر السماوية التي سبق أن التقينا بها في كتاب «المجسطي»، مثل خط الاستواء السماوي والمسار الكسوفي، غير أنه يحذف منها الصبغة البطلمية، مغيرًا إياها بحيث تتفق مع أرضه المتحركة التي لم تعد مركزًا للكون. وتوجيهه الذي قدَّمه في نهاية الكتاب الثاني يعد نمطيًّا:

> غير أن هاتين الدائرتين اللتين يوجد مركزاهما فوق سطح الأرض، وأعني بهما الأفق وخط الزوال، مترتبتان بالكامل على حركة الأرض وعلى مشاهدتنا لهما من موضع معين. فبالنسبة للعين يصبح كل مكان كما لو كان مركز كرة تضم جميع الأشياء المرئية لها من جميع الجوانب.

فضلًا عن ذلك فإن جميع الدوائر المفترض وجودها على الأرض تنتج دوائر في السماء على هيئتها وصورتها.

ثم يوجِّه لنا النصيحة بعد ذلك (وهذه أيضًا مأخوذة عن كتاب «المجسطي») في كيفية بناء أداة بسيطة قادرة على قياس أطوال ظل الشمس. سوف نكون بحاجة إلى مربع غير قابل للالتواء طول ضلعه نحو المترين. وبعدها نرسم ربع دائرة بحيث يكون مركز تلك الدائرة في أحد أركان المربع، ونصف قطرها هو أحد أضلاع المربع. ثم نقسم قوسها إلى ٩٠ درجة قياسية، ونقسم بعد ذلك كل درجة إلى ٦٠ دقيقة؛ لهذا السبب تكون هناك حاجة إلى مربع كبير جدًّا. نغرس «مؤشرًا أسطواني الشكل» مخروطًا بعناية عند المركز، «ويثبَّت بحيث يكون عموديًّا على السطح ويبرز منه قليلًا، لنقل مثلًا عرض أصبع أو أقل.» (يا لدقة التعليمات مثلما يتراءى لك! «لو أنني تمكنت من إجراء حساباتي بحيث تتفق نتائجها مع الحقيقة في نطاق خطأ لا يزيد على عشر درجات، لوجب عليَّ أن أطير فرحًا مثلما فعل فيثاغورس».)

وكيف سنستخدم هذه اللعبة الجديدة؟ «ما سنفعله بعد ذلك أن نعرض خط الزوال فوق قطعة من أرضية المربع تقع في مستوى الأفق»، صُممت مستويةً تمامًا قدر الاستطاعة. سوف «يظهر» خط الزوال واضحًا تمامًا فوقه على النحو التالي: فوق جزء من أرضية المربع، ارسم دائرة وضَعْ علامة تحدد مركزها على هيئة أسطوانة رأسية. انتظر يومًا مشمسًا وراقب ظلَّ الأسطوانة. في وقت ما من الصباح، سوف تلامس الدائرة عند نقطة ما؛ وفي فترة ما بعد الظهيرة سوف تلامسها عند نقطة أخرى. ميِّز المكانين على الدائرة، ثم اشطر القوس الواقع بينهما نصفين. الخط الواصل من مركز الدائرة والمار من تلك النقطة المركزية يمر من الشمال إلى الجنوب، أو حسب تعبير كوبرنيكوس، خط الزوال.

والآن يمكننا وضع أداتنا على هذا السطح بحيث يكون مركز ربع الدائرة متجهًا للجنوب، ويصنع زاوية قائمة مع خط الزوال.

عند حدوث الانقلاب الصيفي، اصنع علامة تميز ظل الأسطوانة عند الظهيرة عند موضع سقوطه على الدرجات المنحنية لربع الدائرة. انتظر نصف عام حتى موعد الانقلاب الشتوي؛ ثم كرِّر ما صنعته. سوف يكون مقدار القوس المرسوم بين هاتين النقطتين ٥٤′ ٤٦°.[١] لما كان الاعتدالان عبارة عن نقطتين يعبُر عندهما المسار الكسوفي خط الاستواء السماوي، فإن نقطتَي الانقلاب، اللتين تسميان المدارين، يجب أن تشيرا إلى أقصى مسافة

يقطعها المسار الكسوفي مبتعدًا عن خط الاستواء السماوي. والحقيقة أن هذين الخطين يقعان إلى الشمال المباشر على امتداد خط الزوال؛ ومن ثم أكثر ابتعادًا أحدهما عن الآخر من أي علامتين أخريين يصنعهما الظل. نحن، مؤيدي عدم مركزية الأرض للكون الكوبرنيكيين وما بعد الكوبرنيكيين، نجزم بأن الأرض تدور مبتعدة عن خط الاستواء السماوي في اتجاه واحد، وتعبره، ثم تدور لتتجاوزه نحو الاتجاه الآخر، ثم تعبره من جديد، وتعود إلى نقطة بدايتها. هذه الحركة متوازنة؛ ومن ثم فإن المدارَيْن متساويان ويمكن حساب موضعهما بقسمة ٥٤′ ٤٦°، على اثنين وهو ما يساوي ٢٧′ ٢٣°.

## الكتاب الثاني، الأجزاء ٣–١٤: الجداول والتحويلات

يشيِّد كوبرنيكوس مثلثاته الكروية ويحدد الزوايا والمسافات النسبية. والآن يأتي جدول الميول الزاوية لدرجات المسار الكسوفي وجداول الصعود القائمة، دائرة العرض السماوية وخط الطول في الأساس: «تكون الزاوية قائمة عندما تقطع دائرة الزوال تحديدًا خط الاستواء المار بقطبيها. والآن يسمى قوس دائرة الزوال، أو أي قوس من دائرة يمر من خلال القطبين السماويين ويقطع على هذا النحو الميل الزاوي لقطاع المسار الكسوفي؛ والقوس المقابل له على خط الاستواء يسمى الصعود القائم.»

من المدهش أن نعرف كم كان كوبرنيكوس وسابقوه قادرين على إنجاز عملهم باستخدام تلك الوسائل المحدودة. على سبيل المثال، يخبرنا كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» أنه «لأي ارتفاع للشمس يمكن حساب طول الظل، والعكس صحيح.» «الفوارق بين الصعود القائم والصعود المائل هي ذاتها الفوارق بين الاعتدال ويوم آخر.» «عندما تكون درجة ما من المسار الكسوفي معلومة، وبعد قياس شروقها من الاعتدال، فإنه يمكننا كذلك الحصول على الدرجة الواقعة في منتصف السماء.»

إن الكتاب الثاني عبارة عن مخزون علمي لمثل تلك التحويلات، التي تصير لغتها شديدة التجريد، حتى إنها تشبه الشعر في بعض الأحيان: «إذن «هـ ن» هو نصف الوتر الممتد في ضعف قوس الأفق الذي هو الفارق بين شروق الشمس على الخط الموازي وشروقها الاعتدالي.»

ويجمل من جديد المنفعة العملية من عملياته: «من ثم يمكن بسهولة فهم الشروق والغروب.»

إنه يناور من أجل تخفيف التعرجات الظاهرة في المسار الكسوفي، منوهًا إلى أننا «إذا أخذنا الصعود القائم المقابل لدرجة معلومة من الشمس، وإذا أضفنا إليه، بالنسبة لكل

ساعة مكافئة قيست من الظهيرة، ١٥° «مضروبة» فيها ... فإن الصعود القائم الإجمالي سوف يبين درجة المسار الكسوفي وسط السماء عند الساعة المقترحة.»

وبأسلوبه الضبابي المعهود يسعى لشرح طريقة بناء أسطرلاب، تصنع دوائره المدرجة القابلة للدوران نوعًا من الكون البطلمي المصغر. لا يوجد في هذا الموضع مساحة كافية لشرح تفاصيل بنائه واستخدامه، لكن يكفي القول إن المرء يبدأ بوضع الدائرة الكسوفية حسب الموضع المعلوم للشمس لحظة الرصد، ثم يأخذ القراءة على القمر لتحديد خط طوله؛ «إذ بدون القمر ما من سبيل لاكتشاف مواقع النجوم؛ حيث إن القمر وحده من بين جميع الأجرام الأخرى هو الذي يظهر في كلٍّ من الليل والنهار.» ثم يرصد المرء نجمًا معينًا للحصول على خط طوله ودائرة عرضه.

لقد عبَّر عن امتنانه لبطليموس على هذا الجهاز، وعلى ما لا يُعد ولا يُحصى من القياسات التي أجريت بواسطته؛ لذا فإنه يطلق عليه «أهم عالم رياضي ظهر إلى الوجود»، لكنه أشار إلى أن سلفه حدَّد موقع النجوم بالنسبة للاعتدال الربيعي، وهو أمر حسب رأيه هو (أي كوبرنيكوس)، يجب وصفه استنادًا إلى كرة النجوم الثابتة؛ نظرًا لأن النجوم تتغير مع المبادرة. وعلَّق إريك ينسن هنا بقوله: «واقع الأمر، لا يزال الفلكيون يستخدمون نظامًا تُحدد فيه نقطة الصفر في الصعود القائم بواسطة الاعتدال الربيعي. ولما كان ذلك «يتحرك» مع حدوث المبادرة — حسبما ذكرنا — فإن إحداثيات النجوم تتحرك هي الأخرى. ومن هنا، فإنني عندما أستشهد بالإحداثيات (الصعود القائم والميل الزاوي) لنجم ما من أجل إعلام باقي الفلكيين بموقعه، فإن عليَّ أيضًا أن أخبرهم بالسنة التي أفترض فيها موقع الاعتدال الربيعي. هناك اعتدالات قياسية يستعين بها الفلكيون، والتحويلات فيما بينها صارت الآن مباشرة، حتى إن معدل المبادرة صار معلومًا بدرجة عالية من الدقة.» في زمن كوبرنيكوس بطبيعة الحال، لم تكن الحال هكذا بالضبط، وأنا عن نفسي لا يمكنني أن ألومه لتحبيذه منظومة أبدية بلا حركة. وا أسفاه! لقد ذهبت تلك الأوهام أدراج الرياح مصطحبة معها مركزية الأرض.

كفى؛ فهو يختتم كتابه الثاني بسرد مطول يعرض فيه خطوط الطول ودوائر العرض المختلفة للنجوم في بروجها.

# ما كنا نؤمن به: النصوص المقدسة

في عالمنا هذا المعروف بنقصانه، من الممكن أن تدحض نقطة ما، غير أنه من المستحيل إقامة البرهان عليها إلى الأبد في يقين تام. إن كل ما نحن بحاجة إليه كي ندحض النقطة «ص» أن نعثر على عيب يشين المنطق الذي يربطها بمسببها الأصلي «س». ولكن إذا كانت «ص» و«س» و«ع» وكل ما يحيط بها من استدلالات واستنباطات تدلنا على الفرضية «أ» موجودة داخل مجال من التماسك التام، مستقل بذاته ومكتفٍ ذاتيًّا، فإن إجراء مزيد من التقييم قد يصير أمرًا لا علاقة له بالإيمان.

### أمثولة حجر المغناطيس

الفرض النظري هو افتراض نبدأ به. من ثم فهو لا يزال في حاجة إلى إثبات، برغم أنه ليس في إمكان المرء استبعاد احتمال أن تأتي سلسلة منطقية مبتكرة تتيح لنا إما تأييده أو إبطاله من خلال فرضية نظرية مختلفة (يقول لايبنتس: «ينبغي على المرء ألا يلغي أي فرضية ضرورية، وجميع الفرضيات يجب أن تكون إما بُيِّنت من قبل أو على أقل تقدير وضعت في شكل فروض جدلية، وفي هذه الحالة يكون الاستنتاج الختامي هو أيضًا افتراضيًّا»). من الجائز أن تدعم جميع البيانات التي جمعناها فرضيتنا النظرية، غير أن الرب لا يقدم أي ضمانات بأن اكتشافاتنا غدًا سوف تواصل تأييد تلك الفرضية النظرية. لقد استحقت «حدود المشاهدة» فصلها الخاص بها وقد نالته؛ إذ كان من بين الأفكار الرئيسية للثورة الكوبرنيكية تلك التوسعة المضنية لمجال الرؤية الإنسانية، ولكن أصحاب التوجه العاطفي وحدهم من يمكنهم التظاهر بأن قصتنا مكونة من بديل مباشر للخطأ يعبر عن الحقيقة. على سبيل المثال، كان نيوتن قد افترض — على نحو منطقي إذا أخذنا

في الاعتبار مستوى المعرفة العلمية السائدة في عهده وجودة أدوات القياس في ذلك العصر — أن الجاذبية وغيرها من القوى تعمل على الفور وفي كل مكان، بنفس الأسلوب وفي نفس الوقت. غير أنه بعد ما يقرب من قرنين من الزمان، بيَّن ماكسويل بالتجربة أن حجر المغناطيس لا يشد الحديد نحوه في الحال؛ فهناك فاصل زمني بين تقديم المغناطيس وبين حركة الحديد نحوه، وهذا الفاصل يمكن قياسه. وهكذا تصدَّعت فرضية نيوتن. حسنًا؛ لقد حلَّت الحقيقة مكان الخطأ! ولكن كم سيطول عمر الاستنتاج الفرضي لماكسويل دون أن يدخل عليه تعديل؟ من يمكنه الجزم؟

الرب يقدر، إن كان هناك إيمان به.

## الاستثناء من المراجعة

معظمنا يتعلق بأي عدد من الفرضيات التي اعتبرناها مستثناة من المراجعة والتمحيص، التي لا تعني فحسب ما يصفها مرجع حساب التفاضل والتكامل القديم الذي أملكه بأنها «عبارة رسمية يفترض صحتها دون إثبات»، لكنه يعني كذلك أنها «مبنية على أساس من افتراضات معفاة من التعريف.» وهاك بعضًا منها: «سوف أظل أحبك إلى الأبد.» «بلادي دومًا على حق.» «جميع الناس خلقوا سواسية.» «ما أُدركه بحواسي من ظواهر مادية على نفس قدر الدقة المطلوب.» «للعلم الحق في البحث دون قيود في أي شيء.» «الله موجود.» إننا نضع تلك العبارات ضمن المبادئ الثابتة. من الجائز أن أنجح في حذف أيٍّ من تلك العبارات حسب قناعتي الشخصية دون أن أمسها ولو بخدش في تقديرك أنت. فبالرغم مما جاء به داروين، لا تزال نظرية الخلق باقية؛ وبالرغم من العداء للنازية، لا يزال بعض الألمان يواصلون الاعتقاد أن بلادهم «دومًا على حق». من الجائز أن ينكروا الهولوكوست، أو ربما كانوا يبررونها بأي معتقد آخر محصن ضد المراجعة، مثل عبارة «اليهود هم سبب تعاستنا.»

ويتناول هذا الكتاب فترة في تاريخ العلم كان التفكير خلالها يخضع، «بمنطقه الخاص»، للإيمان الديني. كانت تلك فترة طويلة، لكنها لا تعدو كونها فترة وانقضت؛ إذ مع مرور الزمن، تغيَّر موقف الكنيسة من علم الكونيات والفلك؛ وفي الوقت نفسه، تباينت الآراء المكتسبة كما هو متوقع. في عام ١٢١٥ نجد مجمع لاتران الرابع يهاجم مبادئ أرسطو، وبعدها بقرن وجَّه نيكول أورِم النقد للعديد من حجج أرسطو فيما يتعلق بالحركة وغيرها من الأمور. لكنه بوجه عام، بمجرد أن أرست المسيحية لنفسها

موضعًا آمنًا بالدرجة التي جعلت الكتابات الوثنية لا تمثل أي تهديد لها، بدأت تعتبر كون أرسطو ملائمًا. ونما هذا الانسجام حتى أضحى شبه تام. وحتى طبيعة كوكبنا الأرضي الأشبه بنقطة، التي ذكرها كلٌّ من بطليموس وكوبرنيكوس، تجد لها مناظرًا في النصوص المقدسة؛ ومن ثم يقول أوجستين: «أنت خالق السماء والأرض؛ مخلوقَيْن من نوعَيْن: إحداهما قريب منك، والآخر قريب من العدم.»

ومع ذلك، فإن رأي الكنيسة فيما يتعلق بالمنطق العلمي الذي أعاد كون أرسطو إلى الوجود في المقام الأول ظلَّ أمرًا خارج نطاق التوقعات. يؤكد توماس كون أنه «قبل القرن العاشر ومرة أخرى بعد القرن السادس عشر» وهو تحديدًا القرن الذي ظهر فيه كوبرنيكوس، «كان نفوذ الكنيسة، في المجمل، مناهضًا للعلم.»

يقسِّم بطليموس وأرسطو العلوم إلى ثلاثة صنوف: علم لاهوتي، من خلاله يمكننا أن نأمل في فهم «السبب الأول وراء الحركة الأولى للكون»، ورياضي، يوجد «في جميع الكائنات سواء أكانت فانية أم باقية»، وفيزيائي أو مادي، يفحص «الأبيض، والساخن والحلو واللين، وكل تلك الأشياء». العلم اللاهوتي «ليس خاضعًا بحال للظواهر ولا خاضعًا للمنطق العقلي في الفهم» (بمعنى أنه «مستثنًى من المراجعة»)، والعلم المادي، بصرف النظر عن أفكارنا المعاصرة عنه التي تستبعد مركزية الأرض، «غير مستقر وغامض، حتى إن الفلاسفة لم يكن لديهم أمل على الإطلاق في التوصل لاتفاق»، وهو ما يجعل من علم الرياضيات الوحيد القادر على «منح ممارسيه معرفة أكيدة وجديرة بالوثوق مع الإيضاحات.»

وفوق هذا الثالوث، تفرض الكنيسة نفسها؛ فقبل ظهور كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» ببضع سنوات، يشرح نيقولا أوف كيوزا في حوار كان عنوانه «الرب المختفي»، ويشرح نيقولا أوف كيوزا ذلك التعبير شرحًا مسيحيًّا لأحد الوثنيين قائلًا:

> إننا نعبد الحق ذاته، المطلق الذي لا يعتريه زيف، الأبدي الذي لا يحيط به وصف، لكن أنت، الخطَّاء فيما تفعله، لا تعبد الحق المطلق في حد ذاته، لكنك تعبده كما يتجلى في أعماله؛ أنت لا تعبد الوحدة المطلقة وإنما وحدة العدد والتعدد.

وهو ما لا يختلف كثيرًا على ما يبدو عن الساخن والحلو واللين ومثل تلك الأمور غير الثابتة والمبهمة.

لم يقتصر الأمر على أن يصبح الخروج على عبارة «الرب موجود» أمرًا لا يمكن النطق به (وخطير)، وإنما لم يكن هناك وقتئذ (مثلما هي الحال الآن) أي مبرر علمي لعدم الإيمان به.

لقد قلت: «وقتئذٍ مثلما هي الحال الآن.» تقول لنا «موسوعة القرن العشرين للكاثوليكية» إنه «مهما تطور علم الكونيات في المستقبل، فإن إيمان المرء بحقيقة أو خطأ حديث سفر التكوين عن وجود خلق من عدم، بناءً على الفهم الصحيح، لن يتأثر.» والموسوعة على صواب.

لكن وقتها لم تكن الحال تمامًا مثلما هي الآن؛ إذ إن الموسوعة تستشعر أنها مرغمة على إضافة عبارة «بناءً على الفهم الصحيح».

وقتئذٍ مثلما هي الحال الآن، «الرب موجود» كانت واحدة من تلك الافتراضات التي صارت مستثناة من المراجعة، ولكن لم تكن هناك عبارة «بناءً على الفهم الصحيح». «لقد صارت النصوص المقدسة صادقة حرفيًّا.»

## حالة الشمس عندما دخل لوط إلى صوغر

من الممكن حتى لأكثر قراءات النص المقدس التزامًا بحرفيته أن تتوافق مع الاكتشافات العلمية مثلما يفهمها معظمنا الآن. على ما يبدو هناك ثلاثة أنماط من الآيات الفلكية (أو الكونية) في الكتاب المقدس؛ أولاها هي أكثرها شيوعًا. إنها وصف واقعي للظواهر السماوية أو علم الكونيات، مذكور بلغة ذلك الزمان قبل ظهور العلوم: «أشرقت الشمس على الأرض عندما دخل لوط إلى صوغر.» لسنا بحاجة لتفسير النص بأنه يعني أن الشمس تدور حول الأرض؛ فأي فلكي يمكنه الإشارة إلى شروق الشمس دون أن يُنعت بالحمق؛ كلمة شروق الشمس مثلها مثل أي فكرة أخرى تقال اختصارًا لتقريب المعنى. ومثلما علَّق كوبرنيكوس نفسه على تلك النقطة بالذات بالقول: «إننا نتكلم بالطريقة المعتادة للحديث التي نفهمها جميعًا.» وكتاب «عن دورات الأجرام السماوية» نفسه مليء بمثل تلك التعبيرات العملية مثل: «في حالة الأفق ... أجزاء من العالم» بمعنى الكون، «تحدث بها حالات شروق وغروب فوقه.» العلم بديهيًّا لا يهتم بإنكار أن لوطًا أوى إلى صوغر بعد شروق الشمس.

وفي الموضع الثاني، يصادف المرء الخيال المحض؛ ففي «سِفر الرؤيا»، مسألة النجوم السبعة التي في اليد اليمنى للمسيح أمر خارج نطاق العلم والتاريخ وأي شيء آخر علمناه

منذ الأزل. والمسيحي سواء أكان ملتزمًا بحرفية النص أم لا، يظل لديه حرية منطقية في الإيمان بأن قوانين الفلك والفيزياء التي ظل في الإمكان الوثوق بها حتى يومنا هذا، سوف تصل إلى نهاية، «في» نهاية المطاف. فليس في استطاعة العلم إثبات أنها لن تصل إليها. كل ما يستطيع العلم أن «يتكهن» به — بناءً على ملاحظة مسبقة، وهو ما تعتبره النصوص الدينية أمرًا غير ذي صلة — أنه لن يصل إلى نهاية. هذا هو ما تريد «الموسوعة الكاثوليكية» الوصول إليه عندما ترى أن «المرء ليس في مقدوره أن يقول أي شيء عن بدء الخلق من المنظور اللاهوتي بالرجوع إلى التليسكوب، ولا بإمكان المرء الاستعانة بالفلك لتقديم نسخة منقحة من سفر التكوين …» ماذا لو أن الأرض والشمس تبادلتا الأدوار يومًا ما عندما دخل لوط إلى صوغر؟

وأخيرًا، هناك لحظات يصبح الكتاب المقدس فيها مجازيًّا، مثلما حدث عندما رأى يوسف في المنام الشمس والقمر والأحد عشر نجمًا ساجدين له، وهو ما لامه عليه والده بقوله: «وهل سنسجد لك أنا وأمك وإخوتك؟» كيف يمكن لنا أن نستبعد من اعتبارنا إمكانية أن يكون شروق الشمس عندما دخل لوط إلى صوغر مجرد رواية مجازية مثل تلك؟

للأسف، بالرغم مما يبدو لي من أن تلك الفئات الثلاث تمثل حلًّا عمليًّا، فإن استدلالاتي الشخصية حول الموضع الملائم لكلٍّ من تلك الفقرات في الفئة المناسبة لها ربما تكون مختلفة عن استدلالات قارئ آخر؛ فعندما يخبرنا سِفر أيوب أن الرب بدأ في خلق الأرض ووضع حجر أساسها عندما «ترنَّمت كواكب الصبح معًا»، فإنني أميل لاعتبار هذا جزءًا من السؤال الممتد للرب الذي وجَّهه لأيوب: «أين كنت أنت عندما حدث كل هذا؟ كيف تجرؤ على الظن بأنك تعلم شيئًا؟» وعلى أي حال، لماذا وجب عليَّ أن أظن أنني أعلم أي شيء عن خلق الأرض؟ من المؤكد أن الرب كان يستعمل المجاز هنا — وهو مجاز جميل — حتى يمكننا أن نبدأ في فهم ضآلة ما «نستطيع» فهمه (وإلى أي مدًى هو ضئيل). هذا هو الأسلوب الذي أتبعه عندما أحاول شرح أمر ما عمليًّا كان أو ميكانيكيًّا أو علميًّا لطفل صغير: إن السيارة تحتاج إلى بنزين؛ لأنها عطشى الآن، والبنزين هو الشيء الوحيد الذي يمكنها شربه، وإذا لم تحصل على البنزين، فسرعان ما ستصاب بالتعب ولن تكون قادرة على أن تقلَّنا إلى البيت. كيف لا يمكن لمثل تلك التفسيرات أن تسهم في مبدأ الاختيارية الأرسطية؟ السيارة عطشى ونجوم الصباح شَدَتْ معًا. لكن هذا ليس سوى تفسيري المنفرد، ومن ثم المتواضع؛ قد يستنتج شخص آخر أن النجوم قد شدت بالفعل.

«أشرقت الشمس على الأرض عندما دخل لوط إلى صوغر.» بالنسبة لي هذا حديث مجازي، أما في رأي مارتن لوثر، فهذه حقيقة حدثت حرفيًّا.

النص العلمي يؤكد على حقيقته الحرفية الخاصة به. عندما يكتب كوبرنيكوس أن الأرض تدور حول نقطة ما في الفضاء قريبة للغاية من الشمس، فإنه يطلب منا أن نتقبل هذا الأمر تحديدًا لا أكثر، ولا أقل. وتعليقًا على مقدمة أوزياندر يوجز أحد الفلكيين ما كتبه كوبرنيكوس قائلًا: «عند قراءة كلماته في كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» طيلة صفحاته، لا يخالج المرء أي شك في أنه آمَنَ بإمكانية، بل وحتى باحتمالية، كون منظومته واقعًا ماديًّا.» واقعًا بالمعنى الحرفي للكلمة أنكره أوزياندر زورًا.

النتائج الاستقرائية لتلك الاعتبارات على النحو التالي:

**فرض نظري:** «من الجائز أن تكون الحقيقة الواردة بالنصوص المقدسة حرفية أو مجازية.»

**فرض نظري:** «ليس من الممكن للحقيقة العلمية إلا أن تكون حرفية وحسب.»

**نتيجة منطقية:** «من ثم، عندما يكون المنطق العلمي مبنيًّا على دليل مذكور في النصوص المقدسة، فإنه لا بد أن يصر، سواء أكان الإصرار صوابًا أو خطأً، على الحقيقة الحرفية لذلك الدليل.»

النتيجة المنطقية الأخيرة مسئولة عن جزء كبير من المأساة التي حلت بالمبادئ الكوبرنيكية.

## «لقد أعانته البصيرة الروحية»

لَمَّا كانت الكنيسة هي التي لعبت دور الشر في قصة كوبرنيكوس، فقد وجب علينا توخِّي الحذر حتى نتحاشى افتراض أن علم الفلك الوارد بالنص المقدس لعب بالمثل دورًا أحمق وخيم العواقب.

كان من بين معاصري كوبرنيكوس باحثٌ من ميلانو كتب رسائل بحثية عن كل شيء، من السموم إلى بطليموس، ومن الأثير إلى نيرون، ومن الأحلام إلى السلوكيات الأخلاقية، ومن العذراء إلى البول. يقدم هذا الباحث تعريفًا «لجانب من جوانب المعرفة يسمى «البرهان»؛ لأنه مشتق من النتيجة المبنية على سبب ما.» من الممكن أن نتفق أنا وأنت

بطريقتنا الخاصة على عدم مركزية الأرض. ويُكمل الباحث حديثه قائلًا: «بيد أنه، في مجال الفهم هذا، كنت أتوصل لفهم من خلال المعالجة البارعة أكثر من معاونة البصيرة الروحية لي في كثير من الأحيان.»

ما هي الحقيقة البديهية إذن، إن لم تكن نمطًا عقليًّا جميلًا؟ ربما يمكن الاستدلال على التأثير الإيجابي للأمور الفلكية المتعلقة بالكتاب المقدس بالحقيقة القائلة إن كبلر — بالرغم من أنه اعتنق نظرية كوبرنيكوس التي صارت وقتها معادية للرأي الديني والمنادية بأن الأرض تدور حول الشمس — دعا للإلهام الآتي في التفكر في الأوضاع النسبية للشمس والنجوم والفضاء الواقع بينها: الأب والابن والروح القدس. «سوف أتتبع هذا التشبيه خلال ما سيلي من بحثي الكوني.»

أما بالنسبة لكوبرنيكوس نفسه، فإنه يبرر جسارته في المناداة بمركزية الشمس على أساس لا يتلاءم مطلقًا مع كوننا عديم الإله؛ وهو أساس «المواءمة»: «في مركز كل شيء تستقر الشمس؛ إذ مَن ذا الذي يرغب في وضع ذلك المصباح المنير لمعبد شديد البهاء في موضع آخر أو أفضل من ذلك الموضع الذي منه يمكنه إضاءة كل ما حوله في آن واحد؟» ثم يمضي في حديثه معلنًا في حماس: «كم هو بديع صنع الرب أعظم وأروع فنان!» لِمَ لا نعتبر كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» في حد ذاته عملًا من الأعمال الفلكية المتعلقة بالكتاب المقدس؟

## أربعة وعشرون قرنًا منذ بدْء الخلق

ومع ذلك، أكرِّر أنه «عندما يكون التبرير المنطقي العلمي مبنيًّا على دليل مذكور في النصوص المقدسة، فلا بد أن يصر، سواء أكان الإصرار صوابًا أم خطئًا، على الحقيقة الحرفية لذلك الدليل.» لهذا السبب كان من الشائع جدًّا خلال عصر كوبرنيكوس أن يكتب أحد العلماء شيئًا أشبه بتلك المقولة: «لقد أوجزت مجمل تاريخ ٢٤٥٤ عامًا منذ بدء العالم» حتى الآن (حوالي عام ١٥٧٠) «على نحو أكثر إيجازًا مما تستحق ضخامة المادة.» أغلب الباحثين في عصري هذا يقدرون تاريخ الأرض في حدود ٤,٥ مليار عام، بناءً على ملاحظة ونظريات علمية لم تُتح لكامنيتس ذلك المارتني اللوثري التَّقي الذي اقتبستُ عبارته لتوِّي. ولكن لو أننا تمكَّنا من تعريف كامنيتس بالسجل الحفري وباقي السجلات الأخرى، هل كان سيتفاعل على نحو مختلف عن العلماء الأفذاذ الذين رفضوا النظر من خلال عدسة تليسكوب جاليليو؟ وكما يحذرنا، «منطقنا يسمو بنفسه استنادًا إلى معرفة الرب.»

في الوقت نفسه، فإن حرفية النص المقدس، المشتقة (حسبما يأمل المرء) فحسب من أقصى تبجيل للرب وأرفع درجة من تواضع المنطق المنطوي على حب، تصنع تأويلاتها الخاطئة الخاصة بها، وبالمثل تسمو بنفسها، استنادًا إلى معرفة الرب. «أشرقت الشمس على الأرض عندما دخل لوط إلى صوغر.» مَن نحن حتى نصرَّ على أن هذه المقولة تعني أن الشمس تدور حول الأرض؟ مَن نحن لكي نكون على يقين من أننا نفهم كلمات الرب؟[١]

## بديهيات علم فلك الكتب المقدسة

لقد قيل إن بقاء الأرسطية الصارمة على قيد الحياة لما يقرب من ألفَي عام لم يكن نتيجة «الأمور المتعلقة بالمبدأ الفلكي في حد ذاته، وإنما الاستيعاب الدائم لهذه العقيدة داخل الآراء الدينية الراهنة.» في حقيقة الأمر، عزَّزت كلٌّ من النصوص المقدسة والأرسطية موقف بعضها بعضًا على نحو مبهر.

عندما خلق الرب الأرض، منحنا السيادة الصريحة عليها، وأمرنا أن «نكون منتجين وأن نتكاثر؛ لنملأ الأرض ونخضعها لنا.» وهو بالتأكيد لم يمنحنا السيادة على السماء، بل على النقيض تمامًا. ومع ذلك، وُضِعت الأجرام السماوية هناك لمنفعتنا وتوجيهنا؛ إذ إن الرب خلقها في الوجود بأن أمرها: «لتكن أنوارٌ في جلد السماء لتفصل بين النهار والليل، وتكون لآيات وأوقات» — مثال ذلك، لا تَبِع الحبوب أثناء فترة ظهور هلال شهر جديد — «وأيام وسنين. وتكونَ أنوارًا في جلد السماء لتنير على الأرض.» ويبدو أننا لا نقترب منها (انظر لما وقع لبناة برج بابل)، ولا حتى نعبدها بأي حال؛ إنها ببساطة خدام الرب: «أنت صنعت القمر لتحديد مواقيت الشهور، والشمس تعرف موعد مغربها.» ومثل تلك التأكيدات تعزِّز:

> **القاعدة البديهية ١:** «أننا نسكن أرضًا مركزية بالنسبة للكون لا تتحرك ومن حولها تدور الأجرام السماوية الملحقة عليها في مواضعها المحددة سلفًا.»

في سِفر أيوب، تُذكَر بعضٌ من صفات الرب: فهو الواحد «المزعزع الأرض من مقرِّها فتتزلزل أعمدتها. الآمر الشمس فلا تشرق ويختم على النجوم.» أنا أفهمها على أن الشمس تشرق ما لم يأمرها الرب بخلاف ذلك — وهي إشارة أخرى دالة على أنها خاضعة له — وأن الأرض لها موضع يمكن أن تتزعزع من عليه. وبالمثل، عندما يحذِّر المسيح حوارييه من اليوم الآخر — «سوف تظلم الشمس، ولن يشعَّ القمر سناه، ولسوف تتساقط النجوم

من السماء» — تبدو السماء التي ستتساقط النجوم منها تبدو وكأنها موضع آخر من المواضع التي تأتمر بأمر الرب. مثل تلك الآيات تُلمِّح إلى وصف كوني ربما كان محددًا مثله مثل وصف جغرافية الأرض، ولكن من الواضح أنه ليس لنا حق معرفته.

(من الواضح أن الكنيسة تعرف حق المعرفة؛ إذ إن الأب تولوساني، الذي اقتبسنا له مقولة تهاجم كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» لخرقه قواعد أرسطو للحركة، يخبرنا بأن «كوبرنيكوس كان سيتكلم بالصدق، لو أنه وافق علماء اللاهوت على أنه يوجد فوق المتحرك الأول» الذي يدور فوق كرة النجوم الثابتة مباشرةً «أعلى فلك وهو ثابت، ذلك الفلك الذي يسميه علماء اللاهوت جنة الخلد».)

**النتيجة البديهية ١:** «واحد من تلك الأجرام الدوارة هو الشمس.»

من بين «البراهين» الواردة في النصوص المقدسة على ذلك الأمر، تبرز الآية الجميلة الواردة في سفر الجامعة: «الشمس تشرق والشمس تغرب وتسرع إلى موضعها حيث تشرق.» مرة أخرى، يبشِّر سِفر أشعيا أن الرب ببعثه لعلامة، سوف يؤخر الظل على قرص الشمس بمقدار عشر درجات. «وهكذا تراجعت الشمس على القرص بمقدار الخطوات العشر التي تأخرتها.» ويبلغنا النص المقدس من جديد أن الرب «يجعل شمسه تشرق على الأشرار وعلى الخيِّرين، ويرسل المطر إلى من يقيمون العدل ومن لا يقيمونه.» المطر حرفيًّا يسقط بالفعل، والجمع بين سقوط المطر والشمس المشرقة يجعل ذلك التعبير الأخير أكثر حَرفية أيضًا.

وأخيرًا، إليك الفقرة الشهيرة في سفر يوشع التي وبَّخ بها مارتن لوثر كوبرنيكوس داعيًا عليه بأن ينزل به الرب اللعنات:

> حينئذٍ كلَّم يوشع الرب، وقال أمام عيون إسرائيل: «يا شمس دومي على جبعون، ويا قمر على وادي أيلون.» فدامت الشمس ووقف القمر حتى انتقم الشعب من أعدائه. فوقفت الشمس في كبد السماء ولم تعجل للغروب نحو يوم كامل.

**النتيجة البديهية ٢:** «المواضع المحددة سلفًا للأجرام السماوية عبارة عن أفلاك كروية أو أصداف.»

بعد نحو مائتي عام من مولد المسيح، يكتب راهب إيريني قائلًا في معرض «إثبات التعاليم الرسولية»: إن «الأرض محاطة بالسماوات السبع، التي تسكن فيها القوى

ورؤساء الملائكة»: الحكمة، والفهم، والإرشاد، وهلم جرًّا، نزولًا إلى «هذه السماء الدنيا التي تعلونا، تمتلئ خوفًا من هذه الروح، التي تنير السماوات.» وقبل عام ٥٠٠ ميلاديًّا بوقت قصير، يفترض القديس ديونيسيوس الأريوباغي الزائف وجود تسع مراتب «للهرم السماوي». أيُّ امرئ سمع من قبل عن أفلاك بطليموس الثمانية قد يجد هذا المخطط مألوفًا على نحو مريح. وغنيٌّ عن القول أنه في المراتب العليا، أو في المراتب السماوية حسبما يجب عليَّ القول، يجد المرء «السمو فوق كل نقيصة أرضية»؛ إذ إنها شديدة القرب من الرب؛ كيف يمكن لأي نفس تقيَّة أن تؤمن بأن الكمال يتناقص كلما اقتربنا من الرب؟ ولما كنا نحن بعيدين كل البعد عن الكمال، إذن فمن المؤكد أن الأجرام السماوية لا بد أن تكون أكثر كمالًا وإتقانًا ومثالية منا. إن بطليموس وأرسطو يؤكدان على هذا بالضبط.

**القاعدة البديهية ٢:** «الأجرام السماوية تدور بإرادتها.»

لم تُذكر مطلقًا في الكتاب المقدس القوى المحركة وحالة الوعي لدى الأجرام السماوية، غير أننا نعلم بالفعل من سِفر أيوب أن النجوم تترنَّم، سواء أكان يقصد بذلك المعنى الحرفي للكلمة أم لا، وهو ما يؤيد المبدأ الأرسطي المنادي بالحركة الإرادية للأجسام الطبيعية. فضلًا عن ذلك، لو أن النجوم افتقرت إلى الإرادة فلربما كنا أُرغمنا على هجر علم التنجيم — وفي تلك الحالة كيف كان سيتأتى للمستشارين الملكيين تحديد أفضل لحظة لشن الحروب وما على شاكلتها من الأمور المتعلقة بإدارة شئون الدول؟

يعبِّر بطليموس من جانبه عن وجهة نظر ذات صلة جوهرية بالأمور الفلكية الواردة في النصوص المقدسة:

> تلك النظرية الرياضية الخاصة من شأنها أن تمهد السبيل في يسر لعلم اللاهوت؛ إذ إنها وحدها من الممكن أن تستهدف ذلك العمل الثابت والمستقل، والأمر المقرب للغاية من ذلك العمل هو السمات المتعلقة بالترجمات وترتيبات الحركات، المنتسبة لتلك الكائنات السماوية العاقلة التي تتحرك وتُحرَّك معًا، لكنها خالدة ومذهلة.

يستخدم القديس أوجستين حقيقة معروفة؛ وهي أن الزيت يطفو دائمًا على سطح الماء كمثال على القاعدة الأرسطية القائلة إن «الجسم يسعى بوزنه للوصول إلى موضعه الخاص به»، وهو ما يماثل بدوره المبدأ الوارد بالنصوص المقدسة: «الراحة موضعنا. وحبنا يرفعنا إلى هناك، والروح الطيبة تسمو بوضاعتنا من بوابات الموت.»

**القاعدة البديهية ٣:** «الأجرام السماوية أكثر اكتمالًا من الأرض؛ إذ إنها أبدية وقريبة من الرب.»

مثلما يقول الكورنثيون لنا: «ليست كل الأجسام سواءً ... فهناك أجسام سماوية وهناك أجسام أرضية؛ لكن المجد الذي يناله السماوي غير ذلك الذي يناله الأرضي.» (بغض النظر عن أن الكورنثيين مضوا قدمًا بعد ذلك فميَّزوا الشمس عن القمر، وفرَّقوا بين النجوم.)

هذا يساعدنا في «إثبات» الفكرة الأرسطية من أن التغير والفساد أمور أرضية، وأن النجوم والكواكب والقمر تتشكل من عنصر ما خامس يتسم بالخلود، ربما هو الأثير.

**نتيجة بديهية (قاعدة الكمال):** «مسارات الأجرام السماوية تتبع مسارات هندسية تامة الإتقان؛ إذ إنها خالدة وقريبة من الرب؛ ومن ثم فإن الأفلاك دائرية.»

لقد اتخذ بطليموس موقفًا ملائكيًّا بالفعل في هذا الصدد، حيث يبلغنا أننا «نؤمن بأن الهدف الذي يجب أن يتبناه عالم الرياضيات هو أن يبين للناس أن جميع الظواهر السماوية هي نواتج لحركات منتظمة ودائرية.» ويعزز منطقه هذا ويبرهن عليه حكمة سليمان (١١–٢١): «لكنك رتبت كل شيء بمقدار وعدد ووزن.»

**القاعدة البديهية ٥:** «الرب موجود فعلًا.»

إن كان كذلك، فأين هو؟

يقال في المسيحية إن الرب خلق كل الأشياء، في حين أنه في الوثنية ثمة أرباب متعددون نشئُوا من الماء أو من الأرض ذاتها؛ ومن ثم، فهو أعظم من الكل، وفوق الكل، وهو الأول والآخر. ولو كان موجودًا في مكان ما، فالأحرى بنا أن نبحث عنه في السماوات. من الممكن أن يكون عرشه في جنة الخلد وراء أعلى فلك في الكون، وهو مبرِّر آخر كي لا نُعارض فكرة كرة النجوم الثابتة.

يصف أحد المؤرخين كون ما قبل المسيحية بأنه «جمهورية شاسعة الأرجاء من الأرباب والبشر والحيوانات والنباتات والأشياء، يدرك كلٌّ منها طبيعته ويخلد للراحة في مكان معين له؛ إذ إن الأشكال الأبدية تجسد نفسها إلى الأبد في صورة مادة جديدة وفق نبض إيقاع الحياة والموت.» بصرف النظر عن الاستعاضة القسرية بالإله الواحد عن

الآلهة، فإن الكون الأول الذي ورد في النصوص المقدسة كان له شخصية حيوية بالمثل. فما الذي يمكن أن يكون أقرب للأرسطية من هذا؟

### الغموض

«النصوص المقدسة صادقة حرفيًّا.» كلٌّ من الكاثوليك والبروتستانتيين متفقون على ذلك، لكن البروتستانتيين يمضون لما هو أبعد من ذلك، في حين أن الكاثوليك يصرون على أن النص المقدس لا يعتريه النقصان فحسب، وإنما أيضًا (كما يفسر أحد اللوثريين الذي يختلف في الرأي) «في تلك الأمور التي يحويها، يكون المعنى مبهمًا وغامضًا ...»

بعبارة أخرى، النصوص المقدسة ليست هي فقط المستثناة من المراجعة والتمحيص، بل وتُستثنى كذلك تأويلاتها المبنية على مرجعية ذاتية للسلطة الدينية المعاصرة.

«الحق أننا نعلن ونشهد ونقول إنه من الضروري تمامًا لكل آدمي، كي يحظى بالخلاص، أن يخضع للأسقف الروماني.» أُطلقت تلك الكلمات عام ١٣٠٢، قبل لوثر بزمن طويل، على لسان البابا بونيفاس الثامن. في زمن كوبرنيكوس، عندما أصابت دعوى الإصلاح التي كان لوثر رأس حربتها وحدة الإمبراطورية المسيحية التي يقودها الرومان بجرح غائر بنفس القدر الذي أصاب به كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» الكون الوارد في النصوص المقدسة، كان لا بد كرد فعلٍ أن يزداد إنكار الاتهامات بالغموض الموجهة إلى النص المقدس.

يقال أول من أُنزلت به عقوبة الإعدام جزاء الهرطقة كان المفكر الغنوصي بريسيلان. فكم عدد أولئك الآخرين الذين تعرضوا للهلاك منذ ذلك الحين جزاء محاولتهم كشف النقاب عن هذا الغموض بطريقتهم الخاصة؟

قبل مولد كوبرنيكوس بنصف قرن، يواجه أحد أتباع المفكر الديني يان هوس، ويُدعى جيروم من مدينة براغ، مستنطقيه وهو مكبل بالأغلال، وينطق بقوة بما يعد في أيامنا هذه من أهم أصول العقيدة العلمية: «أثبتوا لي أن ما قلتُه أمامكم خطأً، وأنا أتعهد إليكم بكل تذلل وخشوع أن أرتد عنه.»

وكان الجواب: «ألقوا به في النار! إلى النار!»

وذهب بالفعل إلى ألسنة النيران، بعد عام من السجن في غياهب الزنازين في ظروف قاسية من التعذيب. وعشية إعدامه، تجاسر على معارضة كاردينال فلورنسا قائلًا له إن

الكتاب المقدس ذاته هادٍ أفضل من تأويلات الباباوات. رفض الكاردينال ما قاله في غضب. ثم حرقوا جيروم حيًّا.

لم يكن جيروم، بالمناسبة، عالمًا، ناهيك عن عدم كونه عالم فلك. كان خطابه أكثر علانية من خطاب كوبرنيكوس؛ ومن ثم أكثر تهديدًا. ولو أنه أذعن لتأويلات الباباوات حتى وإن كان يكتب دونما اهتمام في الوقت نفسه هراءه عن مركزية الشمس، فلربما كانوا تركوه حيًّا.

بعد عامين من نشر كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» لكوبرنيكوس، عقد مجمع ترنت اجتماعًا.

وفي عام ١٨٩٤ يخبرنا أسقف روتنبورج قائلًا: «لا شك في أن أصل المجامع اشتُق من «المجمع الرسولي» الذي عُقِد في أورشليم نحو عام ٥٢؛ ولكن علماء اللاهوت غير متفقين على ما إذا كان الأمر بتشكيلها إلهيًّا أم بأمر من سلطة بشرية.»

هناك ثمانية أنواع من المجامع؛ أعلاها العالمي أو المجمع المسكوني. ويأتي الأساقفة وأصحاب المقام الرفيع التابعين لهم من جميع أنحاء العالم لحضورها، بناءً على استدعاء البابا أو ممثله الرسمي لهم. وكما يمكن أن نتخيل، لا بد أن تكون هناك أزمة تستدعي الدعوة لانعقاد مجمع مسكوني، كهرطقة خطيرة أو صدام بين اثنين من الباباوات المتشاحنين أو النظر في شيء من الإصلاح الجذري. وأيًّا كانت القرارات التي تتوصل إليها المجامع المسكونية فإنه تصير لها قوة القانون الساري على جميع الكاثوليك، وتعد معصومة من الخطأ. عُقد المجمع المسكوني الأول في نيقية عام ٣٢٥ بعد الميلاد؛ وكان مجمع ترنت المنعقد وقتها إما السادس عشر، لو أننا نعد فقط المجامع المؤكد انعقادها، وإما التاسع عشر.

وجاءت الدورة الرابعة لانعقاد المجمع في الثامن من فبراير ١٥٤٦، التي تناولت سؤالًا لا يبعد كثيرًا عن الفلك الوارد في النص المقدس: «هل من الواجب إعادة التأكيد على الطبيعة القانونية الكنسية لجميع أسفار الكتاب المقدس سواء بمراجعة أو بدونها؟» وتبين أن هناك انقسامًا في النقاش؛ غير أنه، وكما هو متوقع، كانت الغلبة في النهاية لإعادة التأكيد، دون مبالغة في عملية المراجعة …

لم تعد هناك نسخة معتمدة سوى ترجمة القديس جيروم، أو الترجمة اللاتينية للكتاب المقدس، خاصة وأنه يوجد كمٌّ هائل من الطبعات الأخرى.

يقترح كاردينال مدينة خاين الإسبانية ألا يُسمح إلا للدكاترة ورجال الدين بالتعليق على النصوص المقدسة، غير أن اقتراحه رُفض بشدة؛ فالنصوص المقدسة للجميع. وأشعر بالسعادة لذلك.

والآن، ماذا عن التقاليد؟ يقترح أسقف كيودجا اعتبار تعاليم الكنيسة مجرد قوانين، وليست وحيًا، غير أن هذا الاقتراح يثير غضبًا عارمًا. يوجز نص تاريخي قديم هذا الأمر بقوله: «نظرًا لأن الترخيص بالتأويل صار أعظم الشرور اليوم ... فقد أُوصي بحظر تأويل النص المقدس على خلاف ما ترضى عنه الكنيسة والإجماع من الباباوات بالموافقة والرضا ...»

وإلا — حسبما قرر المجمع بأسلوب أكثر كياسة — فإن المجمع الكنسي «يبدي احترامه بمشاعر متكافئة من التقوى أو التبجيل، لجميع الكتب؛ سواء من العهد القديم أو العهد الجديد ... وكذلك للتعاليم المذكورة، إضافة إلى تلك المتعلقة بالإيمان والأخلاقيات، حسبما أملاها المسيح، أو الروح القدس، وحُفظت في الكنيسة الكاثوليكية عن طريق الأجيال المتعاقبة.»

وفي ترقُّب لظهور جيروم آخر، فُرِضت العقوبات القانونية القياسية جزاءً للعصيان.

## قطعت الشمس بالفعل ما يفوق السبعة آلاف ميل بكثير

من وجهة نظري الشخصية، تبدو تلك الإجراءات غير منصفة إلى حد بشع. إنني أومن بحرية الفكر والتعبير عن الذات، أما أصحاب المقام الرفيع الذين حضروا مجمع ترنت فلم يكونوا يؤمنون بذلك. لكن تذكَّر أن هذا كان في مصلحتهم. لقد كانوا أوفياء لافتراضاتهم النظرية، لا بدافعٍ من الولاء وحسب، ولكن أيضًا لكون هذه الافتراضات بالنسبة لهم بمنزلة علمهم؛ فقد كانت صحيحة من الناحية المنطقية. إننا إذا قلَّلنا من شأن قدرة أولئك الرجال على التعامل مع الكم والكيف بنفس العقلانية التي نتعامل نحن بها معهما، فإننا سوف نحذف بذلك جزءًا جوهريًّا من القصة.

في توقيت ما يقترب من عام ٧٢٥ ميلاديًّا، في صومعة رطبة بنورثمبرلاند، يذكر القديس بيد المبجل الرأيَ الإيماني المقبول؛ وهو أنه لما كان الرب في سِفر التكوين يقسِّم اليوم إلى جزأين متساويين هما الليل والنهار، «فقد وجب علينا أن نؤمن بأن بداية العالم حدثت تحديدًا في وقت الاعتدال عندما يتساوى الليل والنهار.» ويختلف بيد في الرأي؛ إذ إنه يشير إلى أن الضوء خُلِق قبل خلق الأجرام السماوية بثلاثة أيام، التي لولاها ما

كان هناك ما يسمى بالاعتدالين. دعونا نُسَمِّ بيد عالمًا. إنه يأخذ مشاهداته (يدرس النص المقدس)، ويؤوِّل ما يلاحظه، ثم يستنبط استنتاجاته بناءً على ذلك.

بعدها بتسعة قرون، يُظهر الكاردينال روبرتو بيلارمينو قدرته هو أيضًا على الحساب والاستنباط:

> أنا نفسي تملَّكتني ذات يوم الرغبة في معرفة الفترة الزمنية التي تستغرقها الشمس أثناء غروبها وراء البحر، في بداية الغروب بدأت أتلو مزمور «ارحمني يا الله»، وبالكاد قرأته مرتين قبل أن تنتهي الشمس من الغروب تمامًا. إذن الأمر يستوجب من الشمس أن تجري بسرعة تزيد كثيرًا على ٧٠٠٠ ميل في الفضاء خلال تلك الفترة القصيرة. من ذا الذي يصدق هذا ما لم يكن هناك منطق ما ليبيِّنه؟

آه، منطق ما! كم كان منطق بيلارمينو قويًّا! إنه يتوصَّل إلى استنتاجاته عن طريق المنطق. ها هو يهدِّد فوسكاريني، رسول جاليليو، بعد نحو اثنين وسبعين عامًا من وفاة كوبرنيكوس قائلًا: «كما تعلم، فإن مجمع ترنت يحظر تفسير النصوص المقدسة على أي نهج يخالف الرأي العام للباباوات المقدسين ...» ومن عساهم يكونون هؤلاء؟ سوف يخبرنا الكاردينال عن هذا الأمر حالًا بقوله: «الجميع متفقون على تفسير «النصوص المقدسة» حرفيًّا باعتبارها تعلِّمنا أن الشمس في السماء وأنها تدور حول الأرض بسرعة هائلة ... عليك أن تفكر إذن، بحصافتك، إن كانت الكنيسة يمكنها التسامح في مسألة تفسير النصوص المقدسة على نهج يخالف تفسير الباباوات المقدسين وجميع المعلقين المعاصرين، سواء أكانوا لاتينيين أم يونانيين.»

للأسف، كان هذا التفسير المخالف، هو بالضبط ما جمعه كوبرنيكوس في كتابه «عن دورات الأجرام السماوية».

# شروح: الكتاب الثالث

بعد أن قدَّم كوبرنيكوس العرفان والتقدير المستحقَّيْن لهيبارخوس، الذي كان قد اكتشف أن السنة التي تعرف بأنها الفترة الزمنية التي يستغرقها نجم معين لإكمال دورة سنوية تتجاوز في مدتها السنة التي تُعرَّف بأنها إكمال دورة سنوية من اعتدالين وانقلابين، يذكر أن النجوم الثابتة ثابتة فقط بعضها بالنسبة لبعض، فقد تحركت حتى الآن باتجاه الشرق حتى إن المواضع الاثني عشر للمسار الكسوفي لم تعد تقابل الأبراج الاثني عشر لدائرة البروج، وهي التي سُميت الأبراج باسمها. أمامك حالة مبادرة! ألا يستدعي ذلك التشكيك في علم التنجيم ذاته؟ يا لك من مسكين يا تيبيريوس! يا مَن صمَّمت مخططات الأبراج كي تعرف بها خطط الأعداء! دعونا أيضًا نعبِّر عن مواساتنا لشعوب ما بين النهرين الذين حسبوا — استنادًا إلى موقع برج الميزان، وليس من واقع الكمية المنتجة في هذا الموسم — أسعار القمح التي يجب البيع بها!

ويتابع كوبرنيكوس بقوله: «فضلًا عن ذلك، فقد عُثِر على حركة غير منتظمة.» هل يمكن أن تكون كرة النجوم الثابتة تتقدم للأمام محدثة ارتجاجات طفيفة غامضة؟ «لقد صار رأس البرج المسمَّى بالحَمَل أبعد بمقدار يزيد على ثلاثة أضعاف المسافة بينه وبين الاعتدال الربيعي، التي تبلغ ثماني درجات.»

يعلق كوبرنيكوس في واحدة من محاولاته القليلة للمزاح قائلًا: «سعيًا وراء هدف من تلك الحقائق، فكَّر البعض في وجود فلك تاسع، وفكَّر آخرون في فلك عاشر: لقد ظنوا أنه من الممكن تفسير تلك الحقائق عن طريق تلك الأفلاك؛ غير أنها عجزت عن تحقيق ما قد وعدوا به. وقد بدأ فلك حادي عشر يظهر إلى النور فعلًا …»

ما من شكٍّ أنه هو نفسه كان سيذعن مرغمًا ويضيف فلكًا أو اثنين لو اضطر إلى ذلك، ولكن أي «حركة غير منتظمة» مزعومة، لن تحقِّق النصر مطلقًا على نيكولاس كوبرنيكوس، المدافع عن الإيمان!

إن الكتاب الثالث من «عن دورات الأجرام السماوية» لجديرٌ بالذكر؛ لمحاولاته العبقرية لعقلنة الحركات غير المنتظمة ظاهريًّا للمبادرة ولميل المسار الكسوفي؛ كما أنه يقارن بين المخططات المتنوعة لحساب أيامنا وسنواتنا الأرضية، بجانب الاستنتاجات الخاصة به، التي من الواضح أنها تهدف إلى تحسين مستوى التقويم الميلادي: ونتيجة للتعقيد الذي طرأ على المبادرة نتيجة «للحركة غير المنتظمة»، فإن السنة حسبما تُحسب من اعتدال إلى اعتدال يجب أن تتباين. إنه يناقش ملاحظات بطليموس وآخرين، بما فيهم هو نفسه، على أمل التوصل إلى الطول الفعلي للعام الواحد؛ ويحدد بطريقة منطقية أن «تكافؤ السنة الشمسية يقاس على نحو أصوب من خلال كرة النجوم الثابتة، مثلما أثبته ثابت بن قرة لأول مرة.» ويضيف كوبرنيكوس ٢٨ ثانية إلى طول السنة، التي وفقًا لحساب ثابت، بلغت ٣٦٥ يومًا و٦ ساعات و٩ دقائق و١٢ ثانية. وبهذا يكون كوبرنيكوس أبعد بقدر طفيف عن حساب ثابت من حسابنا البالغ ٩٫٥ ثوانٍ، لكنه مع ذلك كان حسابًا دقيقًا على نحو مبهر.

ولكن أهم شيء أن الكتاب الثالث جدير بأن نشير إليه لمزجه على نحو مميز بين القديم والجديد: أرض غير مركزية، لكن مع شمس شبه مركزية في كون له حدود ذي دوائر تامة الاستدارة.

## الكتاب الثالث، الأجزاء ١–٣: متغيرات نجم السنبلة

من الأمثلة المثيرة للسخط على تلك الفكرة الأخيرة — وهو ما يشكل جزءًا رئيسيًّا من المبرر الذي يجعلني أصطحبك في جولة خلال تلك الموجزات سريعًا قدر استطاعتي — ذلك المتعلق بالأسلوب الذي يحاول كوبرنيكوس به الوصول إلى النقطة التي يود طرحها. إننا معتادون في أيامنا هذه على العرض الواضح المباشر للمعلومات. ويسعى كوبرنيكوس لرسم طريقه عبر الكون، غير أنه لم يكن يعنون أشكاله التوضيحية إلا بالحروف الأبجدية، وكانت مفاتيحها مطمورة دون ترتيب في الفقرات، مع عبارات مبهمة أقل أهمية نُثِرَت فوقها كالغبار، حتى إننا كي نفهم رسمًا تخطيطيًّا ما نضطر في بعض الأحيان لخوض نضال في أنحاء الفقرة المصاحبة ست مرات. ولعل هذا هو السبب وراء أن يحظى

كوبرنيكوس بالإشادة التالية من واحد من بني جلدته: «لقد عرف كيف يشرح الأسباب الخفية للظواهر على أساس من مبادئ جديرة بالإعجاب.»

وعندما يغفل الرسم التوضيحي، غالبًا ما تصير الحال أسوأ.

تأمَّل مثلًا مناقشته لمبادرة نجم «السنبلة». في محاولة منه لمعاونة القارئ، يربط كوبرنيكوس بين الطريقة التي غيَّر بها هذا النجم ذو اللون الأبيض المشوب بالزرقة — الذي صنَّفه المنجمون على أنه نجم «تناسلي ومتقلب» يقع على خط الاستواء السماوي في برج العذراء — موقعه على مدى قرون منذ وفاة الإسكندر الأكبر. إن أشكاله عبارة عن رموز كثيرة جدًّا تصيبك بالجنون من ثمار التفاح والبرتقال. وهو يشير في بعض الأحيان لتغيرات تطرأ على الاستطالة الزاوية لنجم السنبلة؛ وفي أحيان أخرى يعطينا خط طول النجم ودائرة عرضه. لا عليك. «من ثم، فإنه في سنة ١٥٢٥ ميلاديًّا، وفي العام الذي أعقب السنة الكبيسة في التقويم الروماني، وبعد ١٨٤٩ سنة مصرية من وفاة الإسكندر الأكبر، نحن» ويُقصد بالطبع كوبرنيكوس، «كنا نسجِّل مشاهداتنا لنجم السنبلة الذي يذكر اسمه كثيرًا، عند فراونبورج، في بروسيا.» وجدنا أن ميله الزاوي قد تغيَّر بمقدار أربع دقائق قوسية منذ مشاهدة بطلنا السابقة قبل عشرة أعوام؛ وتغيَّر بعده عن برج العذراء بمقدار سبع دقائق قوسية خلال ذات الفترة الزمنية. ويكاد لا يكون هناك أهمية تذكر، على ما يبدو، لهذا الأمر (تذكَّر عبارته «لو أنني تمكنت من إجراء حساباتي بحيث تتفق نتائجها مع الحقيقة في نطاق خطأ لا يزيد على عشر درجات، لوجب عليَّ أن أطير فرحًا مثلما فعل فيثاغورس»). إذن دعونا نتفكر في فاصل زمني أطول: عندما رصد بطليموس نجم السنبلة، كان الميل الزاوي للنجم لا يزيد على نصف درجة إذا ما قورن بميلٍ زاوي مقداره ٤٠′ ٨° عام ١٥٢٥.

الآن وبعد أن أُبلغنا بكل هذا، كيف نحسب معدل مبادرة السنبلة؟ إن حسِّي السليم يطرح عليَّ ما يلي: اطرح قيمة الميل الزاوي لبطليموس من قيمة كوبرنيكوس، ثم اقسم الفارق على ١٤٢٣، وهو عدد السنين التي مرَّت بين واقعتَي الرصد. سوف تحصل على الناتج؛ وهو ٠,٠٠٥٧. هذا يمثِّل نحو نصف درجة في القرن الواحد. هل فهمتُ مقصد كوبرنيكوس؟ من الواضح أنني لم أفهم؛ إذ إنه يستنتج أن الاعتدالات والانقلابات تحركت شرقًا بنحو درجة واحدة لكل قرن من الزمان في عصر بطليموس، ودرجة واحدة لكل واحد وسبعين عامًا بعدها.

آه، الآن تذكَّرت من السياق أنه من المفترض على المرء أن يستخدم الجداول الواردة بالكتاب الثاني لتحويل الميل الزاوي إلى خط طول المسار الكسوفي؛ «إذ إنه خلال

٢٦٦ عامًا مرت بين هيبارخوس وبطليموس، تحرَّك النجم الباسيليقي المنتمي لبرج الأسد من الانقلاب الصيفي بمقدار درجتين وثلثي درجة، بحيث إنه هنا أيضًا، بأخذ الزمن بعين الاعتبار عند المقارنة، وُجدت حالة مبادرة نجمية مقدارها درجة واحدة لكل ١٠٠ عام.»

كالمعتاد كان بطليموس أكثر وضوحًا.

## الكتاب الثالث، الجزآن ٣-٤: القطع الناقص المفقود

التغير الذي يبدو غير منتظم في الاعتدالات، يشرحه كوبرنيكوس من خلال «حركتين تبادليَّتين تنتميان بالكامل للأقطاب، مثل الموازين المعلقة» إحداهما تغير الميل القطبي، والأخرى تعمل في الاتجاه المعاكس. «والآن نسمي تلك الحركات «تأرجحات» أو «حركات تأرجحية»؛ لأنها مثل الأجسام المعلقة فوق ذات المسار بين حدَّيْن، تصير أسرع في المنتصف وشديدة البطء عند الأطراف.» واحدة من هاتين يطلق عليها اسم شذوذ الميل الزاوي، والأخرى شذوذ الاعتدالات. «وهكذا فإن هذين التأرجحين المتنافسين أحدهما مع الآخر يجعلان قطبَي الأرض ... يُظهران خطوطًا معينة تشبه الحلقة المعدنية الملتوية.»

أسرع عند المنتصف! ولكن ألا يعني ذلك ضمنًا حركة غير منتظمة بمنزلة لعنة ليس بعدها لعنة؟ لا تخَفْ أبدًا! فكوبرنيكوس لن يخون الإيمان. «علينا أن نبين أنه عندما تتنافس الحركتان التوأمان معًا للدائرتين «ز حـ د» و«جـ و هـ»، فإن النقطة القابلة للحركة «حـ» تتقدم للخلف وإلى الأمام على امتداد نفس الخط المستقيم «أ ب» في حركة تبادلية.»

في الشكل التوضيحي الأول الذي رسمه، يصير من الواضح أنه في حين لا تتعلق هاتان الحركتان بحركات أخرى أكبر منها، مثلما تفعل أفلاك التدوير، فإنها، بالرغم من ذلك، تحمل شبهًا بأفلاك التدوير في أنها عبارة عن حلول دائرية منتظمة لمشكلة عدم الانتظام البادي.

وفي الشكل الثاني، تدور الدائرة في اتجاه عقارب الساعة، ومركزها واقع على قطر عمق دائرتين متداخلتين، تدوران عكس عقارب الساعة. الدائرة التي تدور مع عقارب الساعة تقابل شذوذ الاعتدالين، وهو أسرع بضعفين من شذوذ الميل الزاوي. كل هذا مفهوم جدًّا.

ويشير كوستلر إلى أن نسخة مخطوطة الكتاب في هذا الجزء الرابع من الكتاب الثالث احتوت على الفقرة الآتية: «إذا كان للدائرتين قطران مختلفان، مع تثبيت بقية

الظروف، فإن الحركة الناتجة لن تكون خطًّا مستقيمًا وإنما ... ما يسميه الرياضيون «قطعًا ناقصًا».»

(الواقع، حسبما يشير كوستلر، أنه سوف يكون «شكلًا دويريًّا أشبه «بالقطع الناقص».)

ويواصل المعلق حديثه قائلًا: «الحقيقة الغريبة أن كوبرنيكوس توصَّل إلى شكل القطع الناقص الذي هو شكل جميع الأفلاك الكوكبية — توصَّل إليه لأسباب خاطئة ومن خلال استنباط خاطئ — وبفعله هذا، أسقطه على عجل؛ فالفقرة مشطوب عليها ...»

## الكتاب الثالث، الأجزاء ٥–٢٦: الدوائر اللامتراكزة، أفلاك التدوير وأرض ليست هي مركز الكون

تناقص ميل المسار الكسوفي منذ قياسه لأول مرة على أيدي أسلاف بطليموس. لقد وجد كوبرنيكوس أن دورته الكاملة تستغرق ٣٤٣٤ عامًا، وأن فترة المبادرة للاعتدالات تشكِّل بالضبط نصف هذه المدة؛ أي ١٧١٧ عامًا.

بعدها بأربعة قرون ونصف، يأتي جيكوبسن ليشير إلى أن الميل ليس دقيقًا حسبما عرفه كتاب «عن دورات الأجرام السماوية». لا يهم؛ فقد ثابر كوبرنيكوس، وها هو يصمم جداول المبادرة لنا بخطوط الطول على مدى فترات زمنية سواء أيام أو سنوات مصرية؛ ويفعل نفس الشيء لجوانب الشذوذ في الاعتدالات.

«لنفرض أن المسألة التي أمامنا تتلخَّص في إيجاد الوضع الحقيقي للاعتدال الربيعي بجانب ميل المسار الكسوفي لليوم السادس عشر قبل مجيء غرة شهر مايو من عام ١٥٢٥ ميلاديًّا، ومقدار المسافة الزاوية التي تفصل نجم السنبلة في برج العذراء عن ذات الاعتدال.» لو كان هذا هو نوع المسائل التي تتوق إلى حلها، فإن كوبرنيكوس هو بغيتك.

إنه يحسب ويجدول الدورانات المنتظمة ومتوسطاتها لمركز الأرض. إن مسألة أن تلك الدورانات ليست متمركزة تحديدًا حول الشمس «يمكن فهمها بطريقتين، إما من خلال دائرة لامتراكزة معها؛ أي دائرة ليس مركزها هو مركز الشمس، أو من خلال فلك تدوير على دائرة متجانسة المركز.» ثم يرسم شكلًا لكليهما، في نفس الوقت الذي يقر فيه بأن تحديد أيها يعبر أفضل تعبير عن الحقائق أمر صعب. لحسن الحظ، أن أيًّا من الحالتين سوف تدعمان صحة قول بطليموس من أنه بالنسبة للأرض، مثلما هي الحال بالنسبة للقمر والكواكب الخمسة المعروفة حتى ذلك الحين، «فإن كافة حركاتها التي تبدو

في الظاهر غير منتظمة» إنما هي «نتاج متوسطات حركات منتظمة ودائرية (إذ إن تلك الحركات متوائمة مع طبيعة الأشياء العلوية التي لا تعرف التفاوت أو الاضطرابات).»

في صالح كوبرنيكوس — وكذا في صالح بطليموس وأرسطو — علينا أن نذكِّر أنفسنا دومًا بأن كواكب مجموعتنا الشمسية لا تنحرف عن الدوران تام الاستدارة بكل هذا القدر. على سبيل المثال، الكواكب الغازية العملاقة من أمثال كوكبَي المشتري وزحل نادرًا ما تتخطى اللامركزية الفلكية بأكثر من ٠٫١. وأكثرها تخطيًا لذلك هو بلوتو (٠٫٢٥)، الذي لم يكن موجودًا لحسن الحظ في كون كوبرنيكوس. للأسف، فإن عطارد والمريخ كذلك (٠٫٢١ و٠٫٠٩) لا يذعنان للقواعد. لا يهم؛ فتعديل فلكي تدويري أو إعادة توجيه من مؤجِّل كفيلة بإنقاذ ولو حتى «مظهرهما».

لننتقل إلى شئون أقل إرباكًا: بفضل جدول كوبرنيكوس للحيود وعمليات الجمع والطرح، يمكننا الآن حساب الحركة الظاهرية للشمس؛ إذ كُتِبَ على أحد الأعمدة: «عمليات الجمع أو الطرح الناجمة عن دائرة مدارية لامتراكزة أو فلك تدويري أول.» إنه سيبقى بطلميًّا حتى الموت. لكنه بعد ذلك يذكِّرنا لِمَ وجب علينا أن نتذكره بحب: «وهكذا فإن تفسير مظهر الشمس عن طريق حركة الأرض متناغم مع النتائج القديمة والحديثة؛ وهذا التفسير هو أكثر الأشياء المفترض أن تبقى صحيحة في المستقبل.»

# صامت حتى النهاية

**«شخصية باهتة لا أهمية لها»**

يختتم آرثر كوستلر حديثه قائلًا: «كشخص، يبدو كوبرنيكوس شخصية باهتة لا أهمية لها، إنه كاهن خجول من مقاطعة فارميا البروسية البائسة؛ كان طموحه الرئيسي ... أن يتركه الناس وشأنه وألا يجلب لنفسه السخرية ...» وكتب جيكوب برونوفسكي يقول: «تبقى شخصيته صامتة بالنسبة لنا حتى النهاية. لم يتزوج مطلقًا ... إلا أنه كانت له مديرة منزل ظلت تُعَد غير محل للثقة حتى عام ١٥٣٩.»

في اللوحات الزيتية التي صُوِّر فيها نجده في بعض الأحيان متشبثًا بكتابه العظيم، وهو جالس في الظلام يحدق فينا في حذر. حتى عظام وجنتيه وغيرها من زوايا وجهه بارزة، حتى إنك تظنه بشعره الأسود وعينيه السوداوين، يكاد يشبه المنغوليين أو هنود أمريكا. وكان يُصوَّر أحيانًا وهو يضم يديه كمن يصلي، وأحيانًا أخرى يصوَّر بخلاف ذلك.

ويكتب السير روبرت إس بول، قائلًا: «كان يتحاشى أي مجتمع عادي، قاصرًا صداقاته الحميمة على رفقاء شديدي الجدية ومثقفين، رافضًا الانخراط في حوار من أي نوع لا طائل من ورائه.»

كان من بين أولئك الرفقاء، الرياضي الشاب ريتيكوس، الذي كان يعرف كوبرنيكوس شخصيًّا ويجمل شخصيته على النحو التالي: «علم فلك سيدي ومعلمي لا يمكن وصفه إلا بأنه خالد.»

## مقطوعات ختامية لظاهرة الاحتجاب

كان اسمه الحقيقي، الذي كان في الوقت نفسه اسم والده تاجر النحاس، نيكلاس كوبرنيك. وُلد في مدينة تورون الواقعة على أحد الأنهار، في التاسع عشر من فبراير عام ١٤٧٣. ما الفائدة التي من الممكن أن تعود علينا من تلك المعلومات؟ وبأي كسوف أو خسوف يمكننا ربطها؟ وما علاقتنا نحن بأمِّه النبيلة السيليسية أو بأسلافه الآخرين؟

استنادًا إلى رسم تخطيطي عُثر عليه في القرن التالي، تشبه تورون نجمةً محطمة تركت نقاطها الثماني دون أن يلحقها أذًى، وحافتها غير المكتملة تواجه نهر فيستولا. وفي هذا الصدد نادرًا ما تختلف تورون عن الكون القديم بعد أن توقف كوبرنيكوس عن التعامل معه.

يخبرنا أحد مؤرخي القرن الثالث عشر أن المدينة كانت في الأصل حصنًا بُني حول جذع شجرة بلوط عظيمة على يد سيد المدينة هيرمان بالك. كانت الفيضانات المستمرة لنهر فيستولا تتطلب إعادة تغيير المكان. وهنا أيضًا، يمكننا رسم حكاية عن كون قديم، إن رغبنا في ذلك. ولكن لِمَ نشقُّ على أنفسنا؟

إذا أطلنا النظر إلى المنزل ذي الجدران العالية، الذي هو بمنزلة لبنة عظيمة في جدار منازل أخرى، حيث وُلِد، ما الذي يمكننا أن نكتشفه؟ لو أننا فوجئنا به أمامنا الآن، ما الذي نود أن نعرفه منه؟ وما عساه أن يخبرنا به؟ يقول برونوفسكي من جديد: «عندما كانت الشكوك تخالجه، كان يفضِّل البقاء صامتًا، ولم يكن يقول شيئًا لا يؤمن به.»

فما الذي «يؤمن» به؟

لا نجد دليلًا على أنه صار قسًّا مكلفًا في يوم من الأيام، ومع ذلك فإنه بفضل عمِّه ذي النفوذ، عمل كاهنًا بالكنيسة الكاثوليكية منذ أن بلغ الثانية والعشرين من العمر. ولم يتمكن والده تاجر النحاس من تقديم يد العون له؛ إذ إنه توفي في ذات العام الذي طُبعت فيه أخيرًا الجداول الألفونسية؛ وكان كوبرنيكوس حينئذ في العاشرة من عمره. هذه التفصيلة تتوافق مع الانبهار الذي شكلته عن شخصية بطلي ذي الروح المعتزلة المنعزلة.

كان راتبه مريحًا ومضمونًا حتى الوفاة، غير أنه كان مكلَّفًا بالفصل في القضايا القانونية التي تنشب بين المزارعين، وبتحصيل الإيجارات، وبالتفتيش على مزارع الكنيسة، إلى غير ذلك. لا يمكننا أن نكون على يقين من حجم وقت الفراغ الذي كان يمتلكه كي

يُجري فيه دراساته الفلكية. في عام ١٦٢٥، رأى الباحث سترافولسكي أنه من الملائم أن يترك لنا هذا التقييم لشخصية الرجل:

> كان مشهورًا عنه في مجال الطب أنه خليفة أسكليبيوس ... وهو ما يجب أن نفسره بأنه كان على علم ببعض العلاجات البسيطة، وأنه أعدَّها بنفسه، واستخدمها في سعادة، موزعًا إياها بين الفقراء، الذين كادوا يعبدونه وكأنه أشبه بإله.

لو كان سترافولسكي صادقًا فيما رواه، إذن فالبرج والعصا المدرجة ولوحات الرسوم الهندسية لا بد أنها كانت تحولات عارضة للغاية؛ ولكننا كالعادة، لا نعلم يقينًا.

حوالي عام ١٤٩١، شرع كوبرنيكوس ابن الثمانية عشر عامًا، الذي صار وقتذاك طالبًا في جامعة ياجيلونيان، في دراسة القانون أو علم الفلك، أو ربما درس الفلك مع القانون. (التجمعات البلُّورية الكثيفة للأسقف المرتفعة والأبراج حادة الارتفاع في كراكوف تحيا داخل سور متعدد الأبراج والبوابات؛ وجسر ضيق يفضي بعد عبوره النهر إلى جزيرة أصغر مساحة تدعى كاسيميرس، تتعلق جسورها فوق حركة البيئة المائية من حولها وكأنها أرجل عنكبوت؛ تلك هي الطريقة التي صُوِّر بها تخطيط معاصر لهذا البرج المكوَّن من نجمين. وفي الفناء الحجري الذي يمثل البحر تبزغ جزيرة طرقُهَا محاطة بمبانٍ قوسية الشكل، يعلوها صليب الكاتدرائية: جامعة ياجيلونيان.) من المرجح للغاية أنه عند تلك المرحلة من حياته اشترى أو أُهديت له طبعة ثانية من الجداول الألفونسية (البندقية، ١٤٩٢). وعلى النقيض من أسلوبه المعتاد، يطلب أن تُلحق صفحات بيضاء بنسخته، ربما لكي يتمكن من تحديثها بالجداول الألفونسية المحدثة.

كان معروفًا عنه قراءته لكتاب ساكروبوسكو «حول الأفلاك» وكتاب «النظرية الجديدة في حركة الكواكب» لبورباخ، وهو بحث بطلمي آخر. و«يُعتقد» أنه كان يحضر محاضرات فويتشك كريبا عن بطليموس، التي لا بد أنها كانت تعرض كتاب «المجسطي» على هيئة سلسلة من الحقائق المؤكدة التي تقترب في صدقها من النصوص المقدسة ذاتها.

في عام ١٤٩٤، بدأ في استكشاف الأصقاع الأجنبية في عالمنا الأرضي، متبعًا المسار المقبول كشابٍّ بولندي متعلم. فحضر تحديدًا محاضرات في جامعة بولونيا (التي يعد تخطيطها المدني أقل ضخامة من الناحية المعمارية من كراكوف، غير أنها مع ذلك محاطة بأسوار وذات أفنية)، وهنا درس كلًّا من القانون وعلم التنجيم. من نافلة القول،

أن ذلك الميدان الأخير في حاجة إلى أن يجري مريدوه عمليات رصد كوكبي تفصيلية. وهكذا سرعان ما عاد إلى العالم السماوي، موضع تركيزه الحقيقي. كان معلمه يُدعى دومينيكو ماريا دي نوفارا، رصد معه الخسوف القمري الذي حدث فوق «نجم الدبران في برج الثور» عام ١٤٩٧. واكتشف أن تزيُّح القمر خلال ذلك الحدث يأبى الإذعان لتنبؤات بطليموس.

في هذه الأثناء كان يدرس اللغة الإغريقية، ليقرأ كتاب «المجسطي» الأصلي. رسالة الدكتوراه التي تقدَّم بها في فيرارا، ورحلاته الأخرى جيئة وذهابًا، ماذا يعني كل هذا بالنسبة لنا؟ لقد كُتِب أنه في ذلك التوقيت تقريبًا بدأ كوبرنيكوس لأول مرة في التفكير مليًّا في فكرة فيثاغورس عن الكون الذي تُمثِّل الشمس مركزًا له، لكن لماذا لم تكن البداية في وقت مبكر عن هذا؟ يمكننا أن نجول في عقله مثلما تمكَّن هو من رؤية قرص كوكب عطارد، غير أنه يبدو من المرجح أنه في مجالات بحثه هذه، أصبح معرضًا لأهواء دعاة الأفلاطونية الجديدة، الذين بشَّروا بأن الكون الأرسطي المحدود من شأنه أن يحدَّ من كمال الرب (تذكَّر أن كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» يدعو إلى الكمال، الذي اقتبسنا بالفعل أجزاءً منه كمثال على علم الفلك الوارد في النص المقدس: «في مركز كل شيء تستقر الشمس؛ إذ مَن ذا الذي يرغب في وضع ذلك المصباح المنير لمعبد شديد البهاء في موضع آخر أو أفضل من ذلك الموضع الذي منه يمكنه إضاءة كل ما حوله في آن واحد؟») مع أن كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» لن يقحم نفسه أبدًا فيما وراء كرة النجوم الثابتة، فإن تلك الغريزة الأفلاطونية الجديدة المتجهة نحو الخارج ربما كانت لديها النزعة الكوبرنيكية تجاه عدم مركزية الأرض. هل وجب علينا أن نعتبره أفلاطونيًّا مجددًا، مثلما دعاه كون؟ يجيب محرره روزن ساخطًا: «هذه التقسيمات تركن إلى قصبة مهشمة تتزلج فوق وحل زلق، في الوقت الذي تتجاهل التصاق كوبرنيكوس الوطيد بجوهر الأرسطية الصلب.» حسنًا، حسنًا؛ على كلٍّ، من ذا الذي يعرف كوبرنيكوس؟

عام ١٥٠٠ ألقى محاضرات في الرياضيات في روما. أي شيء آخر من المحتمل أن يكون قد صنعه هناك؟ كم تتخيل من وقتٍ كان لديه كي يتردد على الغواني أو يزور الآثار؟ في كتابه «عن دورات الأجرام السماوية» يربط بين التفاصيل الفنية المختلفة لحالة كسوف مرصودة بواسطة بطليموس منذ ردح طويل من الزمن، ثم يعلق قائلًا: «أجرينا بعمليات رصد متأنية لكسوف آخر حدث فوق روما، في سنة ١٥٠٠ ميلاديًّا، عقب اليوم التاسع من شهر نوفمبر، بعد منتصف الليل بساعتين، وقد حدث في فجر اليوم الثامن قبل منتصف نوفمبر.» إذن فهو يطارد غرامه في روما.

عام ١٥٠٣ عاد إلى كراكوف ليعمل أمينًا وطبيبًا لدى عمه. ونعلم أنه منذ ذلك الحين وصاعدًا «عاش حياة منعزلة كرَّس فيها جهده لعدة وظائف.»

عام ١٥٠٤ أو نحو ذلك العام، رصد حالة اقتران للكواكب الخمسة جميعها والشمس والقمر في برج السرطان؛ وكانت مواضعها تبدو بعيدة عما كانت ترى الجداول الألفونسية.

نحو عام ١٥٠٦، بدأ بحثه في رياضيات نظامه التي تمثل الشمس مركزه.

وفي فترة ما بين عامَي ١٥٠٨ و١٥١٤ ألَّف كتابه «الشرح المختصر»، الذي رأى فيه من بين آراء أخرى ربما ستُعَدُّ لاحقًا من قبيل الهرطقة:

(١) «لا يوجد مركز واحد لجميع الأفلاك أو المدارات السماوية.»

(٣) «جميع الأفلاك الكروية تحيط بالشمس ... بحيث إن مركز الكون قريب من الشمس.»

(٦) «ما يبدو لنا حركات للشمس ليس بسبب حركتها هي، بل نتيجة لحركة الأرض وفلكنا، الذي ندور معه حول الشمس.»

فيما يختص بالهرطقة، ربما تجدر الإشارة إلى أنه بفضل حساسية ملوك بولندا في القرن السادس عشر تجاه مستشاريهم البروتستانت، الذين كانوا يحظرون كثيرًا المذابح الطائفية التي كانت تحدث في بلدان أوروبية أخرى، لُقبت بولندا باسم «فردوس المهرطقين».

## أيام الصوم وأيام الإفطار في جاينوبوليس

ثم انتقل عام ١٥١٠ إلى فراونبورج، أو فرومبورك — إن كنت تفضل ذلك الاسم — أو «قلعة سيدتنا» مثلما يمكننا أن نترجم الاسم حرفيًّا، أو «جاينوبوليس» مثلما كان يهوى هو ترجمة الاسم إلى الإغريقية تدليلًا له، على أمل أن يحظى بمزيد من السلام. وأظن أن ما وجده كان سلامًا. في أعوام ١٥١١ و١٥٢٢ و١٥٢٣ يرصد ثلاث حالات كسوف كامل، قاس فيها عواملها المتغيرة القيمة مستخدمًا أدواته البدائية. وفي أعوام ١٥١٢ و١٥١٨ و١٥٢٣، رصد ثلاث حالات مواجهة للمريخ مع الشمس. «نحن أنفسنا رصدنا موقعًا ثانيًا للزهرة في عام ١٥٢٩ ميلاديًّا في اليوم الرابع قبل انتصاف مارس، بعد الغروب بساعة

واحدة ... وكان المشهد تامًّا عند فراونبورج.» ويعلن عالم الرياضيات آر إف ماتلاك عن تقديره له؛ لحلِّه صعوبتين كانتا محيرتين وقتذاك تتعلقان بحساب المثلثات الكروية: كيف تجد الزوايا عند علمك بأطوال جميع الأضلاع؛ والعكس صحيح. كيف كان في استطاعته تحقيق النجاح في تلك الإنجازات لو لم تتركه الحياة وشأنه؟

لا ريب أنه في هذه الأثناء كان يقاوم الأوبئة ويؤمِّن لفارميا حصولها على مورد للمياه. ويعتقد الدكتور الطبيب ألكسندر ريتل أنه مسئول مسئولية مباشرة عن تصميم برج المياه الذي يبلغ ارتفاعه مائة قدم، والذي كان يرفع المياه فوق «بكرتين منشوريتَي الشكل»؛ دلو وسلسلة كانا يملآن الصهريج. غير أن هناك آخرين عارضوا هذا الزعم.

دُعي الناس لحفل استقبال رسمي، وكتب قائلًا: «السادة المبجلون الموقرون، سادتي المحترمين ... كادت الترتيبات تكتمل لأيٍّ من» الظرفين، «إن كان يوم صوم أو يوم إفطار.»

في هذه الأثناء، كان يمسك في يده أول جدول لقواطع العالم، باعتباره حشية تفسيرية لعمل ريجيو مونتانوس.

ويعتقد جيكوبسن أنه كان «سعيدًا للغاية بمنصبه الإكليروسي المريح، وإن كان هذا المنصب غامضًا قليلًا، حيث تمتع بسمعة طيبة باعتباره كاثوليكيًّا رومانيًّا ورعًا، وطبيبًا ماهرًا يسارع في تقديم العون، ومديرًا جيدًا، وفلكيًّا من المرتبة الأولى. الأرجح أنه لم يكن يرغب في أن يستشهد من أجل أي شيء.» أنا نفسي لا يسعني إلا أن أتساءل عن مدى علو سقف طموحاته. أتخيله وهو يأمل في إخلاصٍ في أن يحلَّ جميع المشكلات السماوية وأن يفسر الظواهر المرئية ويشرحها بالمثل. إنني أراه واحدًا منا، رجلًا عاش على الأرض ولن يأتي رجل مثله ثانية، رجلًا كانت أحلامه أكبر من أن تتحقق، شخصًا ضائعًا يأسره شيء لم يكن في متناوله، رجلًا منح أفضل ما لديه لشيء ما، ثم توفي تاركًا إنجازه يبلى مع الزمن. لقد عاش في زمن بعيد عنا ولا يمكننا أن نتذكر عنه أكثر من بعض الفتات؛ وهذا هو معنى أن تكون واحدًا منا في هذه الدنيا التي نعيشها، حيث تكون شخصًا تُهمَل كل أحلامه وتخلفها آمال أخرى إن آجلًا أو عاجلًا.

في عام ١٥١٥، وبعد أن صارت الآن حالة أخيه أندرو المصاب بالجذام أكثر سوءًا، بدأ في تأليف كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، الذي ربما يكون قد أنهى العمل فيه عام ١٥٣٠، غير أنه في الختام يكتب تعليقًا يقول فيه: «الازدراء الذي كان لديَّ مبررٌ كي أخشاه بدعوى صعوبة فهم نظريتي وحداثتها أقنعني قناعة شبه تامة بالتخلي التام عن العمل الذي كنت بدأته.»

ومع ذلك، فهو ليس تمامًا بالرجل الحالم المنغلق على ذاته، مثلما كان يرى كوستلر. وبالنظر إلى أماكن وجوده، نجده منخرطًا في مناقشة أو جدل ما؛ ففي عام ١٥٢٤، ماطل المبجل هينريش شنلنبرج في سداد عشرة ماركات ألمانية كان مدينًا بها لكوبرنيكوس؛ ومن ثم كتب بطلنا لأسقف فارميا قائلًا له: «لهذا أرى أن … مكافأتي التي أنالها على تعاطفي أن ألقى الكراهية، وأن يُستهزأ بي كوني راضيًا عن ذاتي.» وطلب في أدب أن يوقف الأسقف صرف راتب شنلنبرج الكنسي إلى أن يسدد ما عليه من دَين. لقد برهن على أنه قادر على كتابة نكات ساخرة ضد زملائه في هندسة السماء: «كونه فلكيًّا عظيمًا (يقصد فيرنر) فهو غير مدرك أنه حول نقاط الحركة المنتظمة … لا يمكن أن تبدو حركة النجوم أكثر انتظامًا من أي مكان آخر.» وبانحيازه إلى جانب الحركة الدائرية المنتظمة، يطالب في حماس بإنكار «موازن» بطليموس: «إذ ما الذي علينا أن نفعله بخلاف إيقاف أولئك الذين ينتقصون من هذا الفن عند حدهم؟» فلماذا إذن أخفق ذلك النمر الجسور في الثبات دفاعًا عن قضية مركزية الشمس؟

في عام ١٥١٦ تذكره واحدة من المذكرات باعتباره قدَّم المشورة بشأن إصلاح التقويم الميلادي. من ناحية أخرى، نعلم كذلك أنه في عام ١٥١٧ يختار «عدم» تقديم العون في إصلاح التقويم الميلادي؛ إذ إن الحركات الشمسية والقمرية ظلت مستعصية على الفهم الدقيق. لقد قيل إن هذا الشأن من الإصلاح هو ما حمله على حساب تفاصيل نظرية مركزية الشمس، غير أنني أجد من الصعب تصديق ذلك، استنادًا إلى الوجود المسبق لكتاب «الشرح المختصر» والصفعة المؤلمة التي وجَّهها لبطليموس أثناء هذا الكسوف لنجم الدبران التابع لبرج الثور. على أي الأحوال، يبقى إصلاح التقويم شأنًا يتناوله كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» تناولًا مباشرًا وغير مباشر؛ ومثال ذلك، أن جزءًا من تبرير تأليف الكتاب الرابع (الكتاب الذي يتناول الشئون القمرية) هو أنه: «بما أن السنة تنتسب إلى الشمس، إذن فالشهر ينتسب إلى القمر.»

عام ١٥٢٠، ينهار مسكنه بسبب الحرب، وهي قوة تشكِّل على الدوام جزءًا لا يتجزأ من عالمنا الأرضي. واعتبارًا من عام ١٥٢١ وصاعدًا يبقى في فرومبورك، منتظرًا ذلك النجم أو ذاك الكسوف.

يكتب توماس كون قائلًا: «كان كوبرنيكوس متخصصًا متفانيًا في عمله … وكان يعطي الأولوية للتفاصيل الرياضية والسماوية؛ كان يقصر تركيزه على معالم التناغم الرياضي للسماوات.»

تبين خريطة العالم لشنيت عام ١٥٣٢ بالفعل دوران الأرض. والسبب، على الأقل من الناحية التصويرية، قوة الملائكة. ولكن عام ١٥٣٣ يتلقَّى البابا كلمة عن نظريات كوبرنيكوس عن طريق الباحث فيدمانستال، ولحسن الحظ، يبرهن البابا على رحابة صدره. حسنًا، فمع كلٍّ، أليس كون كوبرنيكوس محدودًا، تحدُّه كرة النجوم الثابتة، التي هي أرسطية من الناحية السطحية؟ زِدْ على ذلك، أن الأفكار الرياضية التي أتى بها كاهننا المنتمي للعصور الوسطى من الجائز في النهاية أن تسمح بتوافق أيام الإفطار وأيام الصوم مع التقويم السنوي. والحق يقال إن كوبرنيكوس أتمَّ في عام ١٥٣٥ جداول كوكبية فائقة الدقة. وفي العام التالي يبعث تقويمه العام على هيئة روزنامة للنشر في فيينا، إلا أنه لسبب أو لآخر لم تُنشر.

وفي عام ١٥٣٦، حصل يتيكوس البالغ من العمر اثنين وعشرين عامًا — بفضل رعاية ميلانختون الذي سيصير عدوًّا لكوبرنيكوس فيما بعد — على درجة الأستاذية في الرياضيات من جامعة فيتمبيرج، وبعدها بثلاثة أعوام، يكتب بعد زيارته «لسيده ومعلمه» موجزًا لكتاب «عن دورات الأجرام السماوية» بعنوان «النبذة الوصفية الأولى». وقيل لي إنه «يفسر الظواهر» على نحو أفضل مما فعل كتاب كوبرنيكوس «الشرح المختصر». يعتبر بعض المؤرخين «النبذة الوصفية الأولى» أول عرض ينشر لموضوع مركزية الشمس.

في كتاب «الكتاب الذي لم يقرأْه أحد» (ويمكنك أن تخمِّن أي كتاب يقصد بالطبع)، يشير أحد المؤرخين إلى أن «ضرورات الحياة أعدت ريتيكوس كي يكون متمردًا» — إذ ضُرِب عنق أبيه عقابًا له على ممارسته الاحتيال، في حين أن ريتيكوس نفسه كان بروتستانتيًّا ومن المحتمل أنه كان مثلي الجنسي — «وعلم الكون القائم على مركزية الشمس، المناقض بهذا للمعتقدات الراسخة في وجدان الناس في تلك الأيام، لا بد أنه ألهب خياله.» ولكن كم يبلغ مقدار التمرد الذي كان يحتاج إليه المرء في تلك الأيام، حتى يشغل نفسه في كتاب لم يقرأْه أحد؟

## «لن يكون لدى أي شخص ذريعة مقبولة لأن يظن بي السوء مستقبلًا»

هذا هو السؤال، أليس كذلك؟ هل الفرضية التي جاء بها كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، التي سرعان ما سيُطلق عليها اسم النظرية الكوبرنيكية، تتطلَّب جرأة من مبتدعها؟ ما حجم الدمار الذي أحدثه ناسك جاينوبوليس؟

عام ١٥٢٤، كتب كوبرنيكوس إلى كاهن مبجل بكراكوف تصادف أنه أيضًا أمين بلاط ملك بولندا، ناصحًا إيانا بقوله: «إن تصيُّد الأخطاء لا طائل من ورائه، ولا يحقق سوى مكسب تافه ... ومن ثم فإنَّ أخشى ما أخشاه أنني ربما أثير السخط لو أنني وبَّخت شخصًا آخر بينما أنا نفسي لم أخرج بشيء أفضل مما جاء به.» غير أن هذه النزعة الصوفية يجب ألا يُنظر إليها أكثر من مجرد كونها خطابًا بلاغيًّا؛ إذ إنه بعدها مباشرةً شرع في مهاجمة فيرنر، أو مَن يطلق عليه «الفلكي العظيم».

عام ١٥٣٢، أصبح يوهان دانتيسكوس، الشخصية المكروهة، أسقفًا لخيلمنو، ودعا كوبرنيكوس لحفل تنصيبه، وردَّ عليه الأخير بكتاب يقول فيه إنه «مرتبط بمشاغل معينة»؛ حتى يعفيه من الحضور. يؤكد لنا أحد المعلقين المعجبين بكوبرنيكوس أن «هذا الرفض تطلَّب شجاعة من جانب كوبرنيكوس»، ومن المرجح جدًّا أن هذا صحيح؛ إذ إن دانتيسكوس كان من السهل للغاية أن يصير يومًا ما أسقفًا لفارميا؛ أي يصبح الرئيس المباشر لكوبرنيكوس.

من الطبيعي أن ينحني كوبرنيكوس للسلطة عندما يجب عليه ذلك. تبقى مديرة منزله السابقة — التي في مخالفة منها لنصيحة كوبرنيكوس تقرر الانفصال عن زوجها، ربما لكونه عاجزًا جنسيًّا (سوف نصدق المعلق مع أن الخطاب يقول شيئًا مختلفًا تمامًا) — في منزل كوبرنيكوس بفرومبورك عام ١٥٣١ مع سيدتها الجديدة، التي من غير المعروف على سبيل اليقين ما إذا كانت سيدة تقية أم لا. ومع ذلك، فإن المرأتين كانتا تحت سقف واحد ليلًا، وإحداهما بالفعل كانت عرضة للقيل والقال! فلا عجب إذن أن كوبرنيكوس المسكين تلقَّى خطابًا شديد اللهجة من الأسقف.

ويرد كوبرنيكوس على الخطاب قائلًا: «ولكن لما كنت أدرك الآراء السيئة المحيطة بي والناجمة عن هذا الأمر، فلسوف أرتب شئوني بحيث لا يكون لدى أيِّ امرئ أيُّ ذريعة مقبولة لأن يظن بي السوء مستقبلًا، لا سيما بمبرر من لوم نيافتك وعظتك السامية لي.»

وفي عام ١٥٣٨، يؤمر بالاستعاضة عن مديرة منزله الجديدة بأخرى من قريباته حتى يتجنب الفضيحة. ويطلب مزيدًا من الوقت، لكن طلبه يقابل بالرفض. ويرد على ذلك بكتاب يقول فيه: «أقرُّ بأبويتك المبجلة تمامًا، وهي أكثر من عظة أبوية، شعرت بها بحق من صميم فؤادي.» ثم يتخلص من مديرة منزله في الوقت المحدد له.

وبنفس الروح، يلطف كتابه «عن دورات الأجرام السماوية» بمثل تلك التعبيرات الحذرة التي تنم عن الإذعان: «في حالة الكواكب الأخرى سوف أسعى — بمعونة الرب،

الذي من دونه لا نستطيع فعل شيء — نحو إجراء تحرٍّ تفصيلي يتعلق بها ...» بطبيعة الحال، يشكل الحذر مجرد جزء من القضية؛ فذلك الإسراف في التعبير عن العاطفة كان سمة لذلك العصر، ومن المرجح جدًّا أنه يعبِّر عن إيمان صادق، ألم يكن كوبرنيكوس صاحب مقام رفيع في الكنيسة الكاثوليكية؟

## الوصول أخيرًا إلى بر الأمان

في عام ١٥٤١، ظل كوبرنيكوس متبعًا المساعي الأرضية؛ إذ إنه كان يطبِّب أحد رجال حاشية دوق ألبريخت. وبعدها بعامين وضع نفسه بين يدي رحمة الرب، بأول نسخة منشورة من كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» أثناء منازعته لأنفاسه الأخيرة. ما قيمة أي حياة؟ إن الشمس تعبر بضع درجات من إحدى الدوائر، ثم يأتي الليل.

أما عن موروثه، فدعونا نقطف بعض ثمار التفاح من جديد من سلة كوستلر للمجاملات: «إنه واحد من أكثر الكتب التي صنعت التاريخ كآبة وأكثرها استعصاءً على القراءة.»

# شروح: الكتاب الرابع

«بما أنه في الكتاب السابق، على حد قدراتنا المتواضعة، شرحنا الظواهر استنادًا إلى حركة الأرض حول الشمس …» هكذا يبدأ الكتاب الرابع، الذي يتناول القمر. «إذ من خلاله تحديدًا، وهو الذي يظهر بالليل وبالنهار، يمكن فهم أوضاع النجوم.» فضلًا عن ذلك، «هو وحده من بين جميع الكواكب مَا يدور حول مركز الأرض مباشرةً حتى ولو بطريقة غير منتظمة، وهو الأقرب إلى كوكب الأرض»، وهي الحقيقة التي عزَّزت أوهامنا بأننا مركز كل شيء آخر.

تزداد نظرية كوبرنيكوس الآن تعقيدًا؛ لأن الظواهر القمرية معقدة؛ «إذ إن القمر ميال للتغير حتى من ساعة إلى أخرى، وهو لا يستقر على حال واحدة.»

## الكتاب الرابع، الأجزاء ٢–٤: «أقول إن الظواهر القمرية متوافقة»

يحدد كوبرنيكوس الحركة القمرية مستندًا إلى مشاهدات الخسوف التي أجراها بطليموس، وكذا تلك التي أجراها هو بنفسه: «من الواضح الآن أنه في الفضاء الزمني الأوسط بين أول وثاني خسوف، عَبَرَ القمر مسافة في الفضاء كتلك التي عبرتها الشمس في حركتها الظاهرية — بدون احتساب الدوائر الكاملة — أي ٥٥′ ١٦١°، وبين الخسوفين الثاني والثالث ما يعادل ٥٥′ ١٣٨°.» نحو حوالي ١٣٨٩ سنة مصرية من تلك الفترة، حسب بطليموس حركة القمر مبتعدًا عن الشمس بمقدار خطأ يبلغ ستًّا وعشرين دقيقة؛ في حين يبلغ مقدار الخطأ في حسابه لحركة شذوذ القمر ثمانيًا وثلاثين دقيقة. ويذكر كوبرنيكوس في فخر أن أرقامه متفقة مع الظواهر.

إن المدار القمري مائل على المستوى الكسوفي بزاوية خاصة به. ولسوف يُعزي كوبرنيكوس جزءًا من عدم الانتظام الظاهري للقمر إلى انحرافه (الذي قيمته وفقًا لحساباتنا الحالية هي ٤٣″ ٨′ ٥°)؛ إذ إن نظريته تمتنع عن اشتراط وقوع جميع الدوائر في مستوًى واحد. واقع الأمر — كما ذكرنا من قبل — أن مستويات المؤجلات الكوكبية لكوبرنيكوس وأفلاك تدويرها، التي تقع موازية لها، مسموح لها جميعًا بأن تميل عن المستوى المداري للأرض؛ ومن ثم فإن القمر «يشطر المسار الكسوفي ثم بدوره ينشطر بواسطته، ومن هذا الخط التقاطعي يعبر القمر كلتا دائرتي العرض.»

إذن القمر «يدور بانحراف حول مركز الأرض في حركة منتظمة مقدارها حوالي ٣ دقائق قوسية في اليوم، وهو يكمل دورته في ١٩ عامًا؛ بمعنى أنه كل ١٨ عامًا و٢٢٣ يومًا، يتكرر طور قمري معين ويعود القمر من جديد لوضع البداية بالنسبة للمسار الكسوفي.» كيف كان من الممكن لأسلاف كوبرنيكوس حساب ذلك الأمر؟ حسنًا، لقد وقعت حادثة درامية سماوية جذبت انتباههم له: وهي طول الفترة الزمنية التي يستغرقها نمط الخسوف القمري لكي يتكرر مرة أخرى.

أما أكثر ما شكَّل مادة رصدية تزيد من زخم استخدام المنطق لدى كوبرنيكوس فهو أن القمر يبدو وكأنه يعبر من فوقنا أسرع كلما كان أقرب إلينا؛ «ومن ثم، فَهِم القدماء أن التغير في السرعة يحدث بسبب وجود فلك تدوير؛ والقمر أثناء جريانه حول هذا الفلك، عندما يكون في النصف العلوي من الدائرة يقلِّل من الحركة المنتظمة، وعندما يكون في نصف الدائرة السفلي، يضيف نفس المقدار إليها.»

ويرسم كوبرنيكوس شكلًا لما لا بد أنه كان يدور بخلد «القدماء»، الذين بدءوا يذكِّرونني بشخص ما اسمه كلاوديوس بطليموس. «ولكن لو كانت الحال هكذا، فماذا سيكون ردنا على القاعدة البديهية: «حركة الأجرام السماوية منتظمة فيما عدا ما يبدو غير منتظم فيما يتعلق بالظواهر»؛ إذا كانت الحركة المنتظمة الظاهرية لفلك التدوير في حقيقة الأمر غير منتظمة ...؟» وما يعتبره كوبرنيكوس غير مقبول يتبين أنه — بما قد يتوافق مع تخمينك — الموازِن البغيض، الذي يوصف تعريضًا هنا بأنه «نقطة أخرى مختلفة، تجعل الأرض في منتصف المسافة بينها وبين مركز الدائرة اللامتراكزة.»

ويظل حلُّه الخاص به لعدم الانتظام القمري الظاهري متوافقًا مع المبادئ الأولى: في كل شهر يدور القمر مرتين حول فلك تدوير، وهذا بدوره يُحمَل بواسطة فلك تدوير أكبر يقوم خلال نفس الفترة الزمنية «بدورة واحدة بالنسبة للموضع المتوسط للشمس.»

ويبلغ نصف قطر فلك التدوير الصغير ٤٧٤ وحدة؛ ويصف مركز تلك الدائرة دائرة نصف قطرها ١٠٩٧ وحدة، جميعها محسوبة عن طريق عمليات «الجمع والطرح» الهندسية. «أقول إن الظواهر القمرية متوافقة مع هذا النسق.»

هل هي متوافقة فعلًا؟ إليك الطريقة التي يرى بها فلكيونا المعاصرون الأمر: «مدار القمر حول الأرض يقترب من شكل القطع الناقص.» في الواقع، متوسط لاتراكزية القمر كبير: ٠٫٠٥٤٩، والمسافة بين الأرض والقمر من الممكن أن تتفاوت بنسبة تبلغ ١٤ في المائة، أو ما يعادل ٥١ ألف كيلومتر.

## الكتاب الرابع، الأجزاء ٤–٣٢: المسافات والأقطار والأحجام

يحكي كوبرنيكوس كيفية حساب تزيحات الشمس والقمر بمساعدة جداوله، سلسلة بائسة من العمليات الهندسية والحسابية التي سوف تشكرني لأنني حذفتها؛ فهو يبين لنا كيف نحسب المقدار الذي سيكون عليه كسوف شمسي أو خسوف قمري: احصل على دائرة العرض لحظة الاقتران، واطرحه من نصف قطر الجرم السماوي المعني، واضرب الناتج في اثنتي عشرة واقسم حاصل الضرب على قطر الجرم السماوي، وعند هذه النقطة «سوف نحصل على رقم يعادل واحدًا على اثنتي عشرة من حجم الكسوف.» وهو يقدم لنا كذلك معادلة لحساب المدة الزمنية التي سيستغرقها أي كسوف أو خسوف في المستقبل.

وبعد استعراضه مختلف أنواع تزيحات القمر، موضحًا خلالها في كل مرة مدى مجانبة علم بطليموس للصواب في هذا الصدد، يعلن قائلًا: «من هذا سوف يتضح لنا الآن مدى بعد المسافة بين الأرض والقمر. وبدون وجود تلك المسافة لا يمكننا التوصل إلى نسبة مؤكدة للتزيحات؛ إذ إن كلًّا منهما مرتبط بالآخر.» كان الرقم الذي توصَّل إليه هو ٥٦ ضعف نصف قطر الأرض مضافًا إليه ٤٢ دقيقة قوسية؛ أو بعبارة أخرى: ٥٦٫٧. والقيمة التي نعرفها حاليًّا هي ٦٠٫٢٧ ضعف نصف قطر الأرض عند خط الاستواء، التي قيل لي إنها تقع في نطاق «بضع نقاط مئوية» من القيمة التي توصل إليها هيبارخوس قبل كوبرنيكوس بسبعة قرون. إذن القيمة المحسوبة بواسطة كوبرنيكوس للمسافة بين الأرض والقمر، مع أنها جديرة بالتصديق، فإنها لا تمثل تقدمًا يُذكر على حسابات القدماء. الحق يقال، إنها أقل دقة من متوسط القيمة التي توصل إليها بطليموس؛ وهي ٥٩.

كما يتوصل كذلك إلى قطر القمر: «إن عقد مقارنة تتعلق بالفارق في نطاق عمليات الخسوف وبين دائرة عرض القمر يبين لنا المقدار الذي يقطعه قطر القمر من الدائرة

المحيطة بمركز الأرض. وعندما فُهم ذلك، عُرِف أيضًا نصف القطر الزاوي للظل» باسم رقم كوبرنيكوس، «بما يتفق مع استنتاج بطليموس»؛ حيث إن قطر القمر هو ٢٠″ ٣١′. وهذا الرقم قريب جدًّا من القيمة التي نعرفها نحن الآن «للمتوسط الظاهري» للقطر؛ وهو ٥٢″ ٣١′. سوف يمتدحه بعد ذلك واحد من عصرنا المؤمن بمبدأ عدم مركزية الأرض، وهو من المتخصصين غير المؤيدين بجموح لكوبرنيكوس، وكان ذلك المديح بسبب «تحسينه» للقطر الزاوي للقمر عند الحضيض القمري عن القيمة التي توصل إليها بطليموس التي بلغت ما يقرب من درجة كاملة إلى ٣٤″ ٣٧′؛ والقيمة المعاصرة هي ٣٢″ ٣٣′.

فيما يرتبط بقطر هذا القرص الأرسطي تام الاستدارة يجدر بنا أن نكرِّر مسألة أن القمر، مثله مثل كوكبنا الأرضي المسكين، غير كروي الشكل؛ فأحد محورَي القمر يتجاوز الآخر بمسافة تُقدر بثلاثة كيلومترات تقريبًا، وهي مسافة مؤثرة إلى الحد الذي يجعل القمر باستمرار مواجهًا للأرض بوجه واحد إلى الأبد. ولعل تلك المعلومة كانت كفيلة بتحطيم فؤاد كوبرنيكوس.

ويصل كوبرنيكوس من خلال شرح مماثل إلى المسافة بين الأرض والشمس عند الأوج: ١١٧٩ ضعف نصف قطر الأرض. وهو هنا لا يبلي بلاء حسنًا؛ فالقيمة الفعلية هي ٢٣,٤٥٥.

ووفقًا لحساباته، فإن حجم الشمس يعادل ١٦١ و٧ / ٨ ضعف حجم الأرض، التي هي بدورها ٤٢ و٧ / ٨ ضعف حجم القمر؛ «ومن ثم يكون حجم الشمس ٦٩٩٩ و٦٢ / ٦٣ ضعف حجم القمر.»

إن النسبة التي توصَّل إليها بين حجمَي كلٍّ من الأرض والقمر ليست بعيدة تمامًا عن رقمنا الحالي: وهي ٥٠ إلى ١. غير أن حجم الشمس، كان تقديره له أقل من الحقيقي بكثير جدًّا؛ فهو في واقع الأمر ١٣٠٦٠٠٠ ضعف حجم الأرض، و٦٥٣٠٠٠٠٠ ضعف حجم القمر؛ ومن ثم كان تقديره بعيدًا عن نسبة حجم الشمس إلى القمر بمعامل يزيد على ٩٠٠٠.

# أعمدة هرقل

يضع دانتي — هذا الشاعر البارز في مجال الأمور الفلكية الواردة في النصوص المقدسة — الأرض في موضعها الصحيح، في مركز الكون، وفي داخل مدارنا الفلكي، في أفلاك كروية هابطة متحدة المركز، تتصاعد فيها درجات العذاب، بحيث يوضع الآثمون في غرف مقسمة. في «الدائرة الثامنة»، وهي الثانية من حيث شدة الهول، يرتب دانتي عشرة أصناف من الأنفس المحتالة؛ ومن بين من تضمهم المرتبة الثامنة من حيث السوء نجد عوليس ورفيقه دايوميد يعذَّبان كل الأوقات داخل بوتقة من النيران. فماذا كانت خطيئتهما؟ لقد تجاوزا أعمدة هرقل، حدود العالم! هتف عوليس في بحارته وهو يستحثهم: «تخيروا طريق التجربة ولا تجحدوه، إنكم لم تولدوا كي تعيشوا كالبهائم، وإنما لكي تتبعوا طريق الفضيلة والمعرفة.» وهكذا صار مستشار السوء. فمن الجبل المحرم الذي لمحوه أمامهم (المَطْهَر)، جاءت عاصفة، «حسب إرادة الرب الواحد» لتبتلعهم. يكتب أحد المعلقين قائلًا: إنه «في هذا الموضع تحديدًا، يحاول خيال دانتي اختراق حواجز يومه وعقيدته.»

(إخواني المتمسكين بالكون القديم الجميل، سوف تطمئن قلوبكم عندما تعلمون أن دانتي يربط بين الحركات الثلاث للكون — دورة فلك التدوير، والدورة الشمسية والسماوية، والمبادرة — والعروش الملائكية الثلاثة.)

**«ليس لديَّ شك في أن ثمة علماء شعروا بإهانة بالغة»**

ماذا عن كوبرنيكوس؟ هل يشعر بأن كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» جاء بنا جميعًا إلى أعمدة هرقل؟

في كتابه «تاريخ الأدب البولندي»، يرى ميلوش أن كوبرنيكوس «لم يكن متلهفًا لنشر الكتاب؛ إذ كان يخشى إثارة فضيحة.»

مع ذلك، فإنه عندما خرج عمله في نهاية المطاف إلى النور، كانت مقدمة أوزياندر المهينة، وليس أي كلمة صدرت عن كوبرنيكوس، هي ما بدت تعليقًا دفاعيًّا:

> لما كانت حداثة الفرضيات الجدلية في هذا العمل، التي حرَّكت كوكب الأرض من سكونه، ووضعت شمسًا ساكنة في مركز الكون، قد لقيت بالفعل جماهيرية لا يستهان بها، فليس لديَّ شك في أن ثمة علماء شعروا بإهانة بالغة … ولكن إذا كان لديهم استعداد لتقييم الأمور بنوع من التدقيق، فلسوف يكتشفون أن مؤلف هذا العمل لم يفعل ما يستحق عليه اللوم.

يتمسك كوبرنيكوس باستراتيجيته المعهودة في التظاهر بأن أفكاره المبتكرة يكون لها ما يجيزها من قديم الأزل، وهذا هو تقريبًا ما كان يحدث دائمًا. هل تتذكر ما قرَّره مجمع ترنت؟ «يُحظر تفسير النص المقدس على نحو يخالف الرأي المعلن للكنيسة، وموافقة الباباوات بالإجماع …» أفلا يكون من الرائع لو أنه ثبت أن التقاليد الكاثوليكية تتفق مع الخيالات الفيثاغورية؟ حسنًا، ولِمَ لا؟ لا يزال كوبرنيكوس في أمان، ليس فقط لأنه يسكن في جاينوبوليس الهادئة، ولكن الأقرب من ذلك، هو أن الكنيسة لم تخرج بعد جهرًا لتواجه مبدأ مركزية الشمس. في حقيقة الأمر، كان هناك أساقفة متنوعون يؤيدونه! في هذا الصدد، نحاط علمًا بأنه خلال السنوات العشر السابقة على طباعة كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، لم يكتفِ البابا كليمنت السابع بعدم منعه أمينه، يوهان ألبريخت فون فيدمانشتيتر، عن إلقاء محاضرات عن النظرية الكوبرنيكية في حديقة الفاتيكان، وإنما زاد على ذلك بعدها بأن كافأه بنسخة إغريقية للكتاب.

يكتب توماس كون قائلًا: «بحلول العقد الثاني من القرن السابع عشر، كانت السلطات الدينية الكاثوليكية تمنح أهمية أكبر للبراهين المستقاة من النصوص المقدسة، وتسمح بمساحة أقل للانشقاق التنظيري مما فعلت من قبل لقرون عديدة.» لحسن الحظ، لم نكن تخطينا بعد منتصف القرن السادس عشر! وقد زاد كوبرنيكوس من قدر اتقائه للشرور بإهدائه الكتاب للبابا. أنا نفسي ما كنت لأندهش لو أن الهجمات التي طالته من البروتستانت، الذين لكي يمعنوا في معارضتهم للسلطات الكاثوليكية كان لزامًا عليهم الإصرار على اتباع حرفية النصوص المقدسة (الأرض ساكنة لأن الكتاب المقدس يقول هذا)، زادته قربًا منه من أي وقت مضى.

ويحكي سانتيلانا الحكاية قائلًا: «أما السلطات الكهنوتية الكاثوليكية، فقد عاملت كوبرنيكوس باحترام باعتباره رجل كنيسة وباحثًا، لكنهم اعتبروا منظومته واحدة من تلك الوسائل الرياضية العبقرية التي لا تدَّعي أي ارتباط بالواقع المادي. وكانت الرياضيات تصنف في ذلك العهد باعتبارها شأنًا خاصًّا بالفنيين وطائفة العلماء دون أي زعم باتصالها بالنواحي الفلسفية ...»

باختصار، سار كوبرنيكوس في رحلة حياته في ظل ظروف بيئية خاصة؛ فسماء بولندا مغيمة، وحتى فلكيو الكنيسة اليقظون لا يمكنهم أن يروا لأبعد منها كي يتبينوا، وسط ليلٍ حالك وخواء ما هو مظلم وخاوٍ، ظلال أعمدة هرقل التي وصل إليها، ربما بالرغم من ميوله الخاصة؛ لقد أبحر في غموض وأمان بما يتجاوز حدود المشاهدة ...

## نحو الدائرة الثامنة

هل يجوز لنا القول إذن إن كوبرنيكوس توفي في فراشه وليس على الخازوق؛ لأنه كان محظوظًا بما يكفي لأن يكون من طائفة العلماء؟ لم يكن «متلهفًا لنشر الكتاب؛ إذ كان يخشى إثارة فضيحة.» ولكن ما هو الخطر الذي فرَّ منه فعلًا؟ ألم نتفق لتوِّنا أنه وقى نفسه الشرور عن طريق العمل في غموض وتخفٍّ؟

حضر البابا كليمنت شرحًا لنظرية كوبرنيكوس في حديقة الفاتيكان؛ هذا صحيح؛ لكن البابا كليمنت توفي. من جديد، أهدى كوبرنيكوس كتابه «عن دورات الأجرام السماوية» للبابا بولس الثاني، غير أن البابا بولس لم يُجِزه مطلقًا على حد علمنا. في بعض الأحيان يُذكر اسم نائب البابا الكاردينال شونبيج أو شونبيرج، في هذا الصدد؛ ولكن من الواضح أن خطابًا واحدًا منه ظل باقيًا، وهو عبارة عن رسالة خطية مهذبة يطلب منه فيها مخطوطة كتابه «عن دورات الأجرام السماوية» الذي لم يكتمل بعد. وتوفي شونبيج بعدها بعشرة أشهر، في سبتمبر من عام ١٥٣٤؛ لهذا ليس من المرجح أنه كان لديه الوقت كي يتلقى أي أجزاء مكتملة من الكتاب، وأن يقرأها ويعرضها على البابا، ثم ينقل لكوبرنيكوس الأخبار السارة بالموافقة الكاملة وغير المرجحة من الفاتيكان.

في الواقع، كان موقف كوبرنيكوس محفوفًا بالمخاطر. هل تتذكر الأب جيوفاني ماريا تولوساني؟ إنه الأب الدومينيكاني الذي اقتبسنا له عبارات هاجم فيها كوبرنيكوس في مناسبات عديدة: كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» يخالف قوانين الحركة لأرسطو، ويضع الشمس في موضع غير ملائم لها، ويغيب عنه مشهد جنة الخلد! ومع ذلك، فمن

المؤكد أن تولوساني لم يتوغل كثيرًا في أعماق الكتاب. وربما ضللته المقدمة التي كتبها أوزياندر؛ إذ في هذا الموضع كان من الضروري ذكر شيء عن مركزية الشمس: «لا أحد يتقبلها الآن إلا كوبرنيكوس. وحسب رأيي، فهو لا يعتبر أن هذا الاعتقاد صحيح» (كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، الكتاب الأول، الجزء ٥: «هذه هي الحال»). وإذا كان كوبرنيكوس لا يؤمن بأن الأرض تتحرك، فلِمَ لا تدعونه يخطُّ حماقاته في سلام؟

غير أن الأب تولوساني يمضي الآن ليقول، على نحو أكثر وعيدًا، إن كوبرنيكوس «ما كان له أن يشكو من الرجال الذين تنازع معهم في روما، والذين كانوا أكثر من أدانوه.»

أدانوه! ماذا يعني هذا؟ كما نعلم، فإن كوبرنيكوس لم يذهب إلى روما منذ كان شابًّا، ووقتها لم يكن كتابا «عن دورات الأجرام السماوية» و«الشرح المختصر» أُلِّفا بعد، وكان مؤلفهما وقتها يعمل في رصد حالات الكسوف وما شابه. في رأي روزن — الذي ندين له بالفضل في معرفة هذه القصة — فإن الأب تولوساني لا بد أنه كان يقصد ألكسندر سكلتيتوس، المدافع عن كوبرنيكوس وزميله في الكهنوت في فارميا، الذي سافر إلى روما ونشر كتابًا له هناك عام ١٥٤٦، بعد وفاة كوبرنيكوس بثلاثة أعوام (توفي تولوساني نفسه عام ١٥٤٩). كان كتاب سكلتيتوس يتحدث بأسلوب يوافق فيه المبادئ الكوبرنيكية.

لقد علمنا أن تولوساني مقرب للغاية من الفاتيكان من خلال صداقته ببارتولوميو سباينا في مدينة بيزا، الذي عُين «سيد القصر المقدس والرسولي».

بوضع تلك التفاصيل في الاعتبار، دعونا نفكر في مقولة أخرى مأخوذة من إسهام الأب تولوساني في الجدل الدائر حول كوبرنيكوس، وهي بعنوان «حول الحقيقة في النص المقدس». وهو يقول عن كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»:

> كان قد خطط «سيد القصر المقدس والرسولي» لإدانة هذا الكتاب، ولكن، ما منعه في البدء كان المرض، ثم الوفاة بعدها. وهذا ما حرصت على إنجازه من بعده ... بهدف حماية الحقيقة؛ وذلك للصالح العام للكنيسة المقدسة.

إذن كوبرنيكوس لم يكن محظوظًا فحسب، وإنما كان «بعيد النظر»؛ حيث نُشر كتابه عندما توفي. لقد حكموا عليه، لكن بعد فوات الأوان؛ فلم يعد لهم سبيل إليه؛ فقد انتقل بالفعل إلى الجانب البعيد الآخر من أعمدة هرقل.

## كون هيرشل الذي يلوح في الأفق

إذن فالكنيسة علمت. ولكن دعونا نتساءل مرة أخرى: هل علِم «هو» إلى أي مدًى أبحر بسفينته؟

إن إتش جي ويلز، الذي صورت قصص خياله العلمي بشرًا ضاعوا في فضاء الطبيعة الفسيح أو غيره، يحكي قصة كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» في أسلوب بليغ موجز: «كانت الكرة الأرضية مركز الوجود؛ وكانت الشمس، والقمر وسائر الكواكب، والنجوم الثابتة، تتحرك حولها باعتبارها مركزها جميعًا، في أفلاك كروية بلُّورية. ولم تتحرك عقول البشر لتتجاوز ذلك إلا في القرن الخامس عشر [منقول كما ورد نصًّا]، وأتى كوبرنيكوس بحدسه المذهل ليعلن أن الشمس هي المركز وليست الأرض.»

بالرغم من هذا التخمين المذهل — الذي بالرغم من كونه مذهلًا بالفعل، لكنه لم يكن مجرد تخمين — لم يكن بمقدور كوبرنيكوس — مثله مثل أرسطو وبطليموس والأب تولوساني — التوقف عن التفكير في مسألة «صغر» الكون القديم الذي أتى عليه هو.

وهنا ربما أكون بصدد إسقاط فكرتي الجوفاء، الخاصة بي والمتعلقة بعدم مركزية الأرض، على الرجل. ولنأخذ مثلًا العبارة الافتتاحية للكتاب السادس: «لقد أشرنا حسبما أتاحت لنا قدرتنا إلى القوة والتأثير اللذين حققهما دوران الأرض في حالة الحركة الظاهرية في خط طول النجوم السيارة وإلى النظام المؤكد واللازم الذي يضع في إطاره كل الظواهر.» إن كوبرنيكوس يعود من جديد في فخر — وهو محق في ذلك — إلى مسألة مركزية الأرض كنقيض من أجل عقد مقارنة؛ في حين أنني، وقد أفسدتني مبادئ كبلر وأغوتني قوانين نيوتن، أتجه مباشرة إلى الجاذبية، التي تختزل مسألة دوران الأرض إلى حدٍّ جعلها أمرًا غير ذي صلة، مثل قضية الحركة «الحقيقية» لتلك النجوم السيارة. إنه يقول «جميع الظواهر»! غير أنه في أيامي اتسع نطاق المشاهدة ليتوغل أكثر في الظلام الدامس؛ الكثير والكثير من الظواهر بين المجرَّات على النحو الذي هي عليه دون مرجعية قابلة للقياس إلى دوران الأرض. ها أنت الآن أدركت ردَّ فعلي، سوء تقدير من كوبرنيكوس المسكين، الذي نظر إلى تلك «الظواهر» وفي ذهنه التراجع الكوكبي. بالمثل تمامًا، قال بالفعل: «جميع الظواهر». ربما ظن أنه أبحر بعيدًا إلى الحد الذي مكَّنه من رؤيتها جميعًا؛ وما رآه ظلَّ في إطار «العالَم» المعروف.

مرة تلو مرة يشير كوبرنيكوس إلى «الحركات السنوية الصحيحة بالنسبة لكرة النجوم الثابتة»؛ فماذا لو لم يكن هناك كرة نجوم ثابتة؟ «إن العقل ليرتعد.»

في معرض مناقشته لأمر كوكبَي الزهرة وعطارد، يتقبَّل فكرة الضرورة التي شعر بها سابقوه لملء الفراغ بين الكواكب: «حتى لا يظل مثل هذا الفضاء الشاسع خاويًا، هم رأوا أن الفواصل بين نقاط الحضيض ونقاط الأوج — التي بناءً عليها، بحثوا مسألة سمك الأفلاك — يصل مجموعها بالتقريب إلى نفس حاصل الجمع» للمسافات الفارغة. ثم يعلق على هذا بأسلوب جافٍّ قائلًا: «إننا لا نعلم أن هذا الفضاء العظيم لا يحوي شيئًا سوى الهواء، أو إن كنت تفضِّل، ما يسمونه العنصر الناري.» ثم يهاجم الفكر البطلمي حول تلك النقطة تحديدًا: إن أفلاك التدوير والموازنات الهائلة التي نحن في حاجة إليها لتفسير الظواهر تتطلب أحجامًا لا يتخيلها عقل! ومن هنا جاء الهتاف الخطابي الذي اقتبسته من قبل: «إذن، حسب ادعائهم، ما الذي يحتويه كل هذا الفضاء؟» (نيتشه، نحو عام ١٨٨٦: «منذ زمن كوبرنيكوس والإنسان يتدحرج من المركز نحو المجهول».)

نعم، لقد ارتحل كوبرنيكوس إلى ما وراء حدود مشاهدته هو، دون أن يجرؤ على أن يرى (كيف يمكن لقلوبنا ألا تنفطر من أجله لعدم رؤيته ذلك؟) أن الكيان المحظور الواقع فيما وراء أعمدة هرقل هو «اللانهاية».

# شروح: الكتاب الخامس

«الآن نتحول إلى حركات النجوم الخمسة السيارة.» هكذا يتابع كوبرنيكوس؛ وبأخذ تعلُّقه بالحركة الدائرية المنتظمة في الحسبان، لا ينبغي أن يدهشنا كون الجزء الأول جاء تحت عنوان «عن دوراتها ومتوسط حركاتها.»

إنه يقسِّم هذه الدورات السماوية إلى قسمين فرعيين، تلك «الخاصة بكل كوكب»، والوقفات والتراجعات أو التقهقرات والتدرجات الظاهرية المتنوعة التي تحدث في إطار مرجعية الراصد من الأرض «استنادًا إلى التزيح الذي يحدث بسبب حركات الأرض التي ترتبط بتفاوت حجم دوائرها الفلكية.»

### الكتاب الخامس، الأجزاء ١–٥: الدوائر المريخية

بادئ ذي بدء، لننظر في أمر التراجعات، وتحديدًا حالة المريخ. فبمعدل مرتين في العام تقريبًا، يبدو الكوكب الأحمر (الذي كان في نظر كوبرنيكوس ليس أكثر من نجم ذي لون يميل إلى الصفرة) وكأنه يتراجع للخلف في ظلام الليل، ثم يستأنف مساره عند ارتفاع أدنى من ذي قبل، حتى إن مساره عندئذ يشبه منحنًى على شكل الحرف الإنجليزي S، كلٌّ من بدايته ونهايته مشدودة للغاية نحو الخارج. كيف يمكن تفسير ذلك؟ مسكين بطليموس، الذي — لتشبثه بالبساطة الزائفة لمركزية الأرض — استثمر علومه الرياضية

في دائرة لامتراكزة يتحرك مركزها شرقًا حول مركز مسارات كسوفية عُينت خطأً وبسرعة تعادل سرعة الشمس المُقدرة خطأً في دورانها حول الأرض، عندما يكون المريخ عند هذه الدائرة اللامتراكزة، يتحرك غربًا «بسرعة تعادل سرعة المرور الزاوي، وإذا رسمنا خطًّا مستقيمًا باتجاه الدائرة اللامتراكزة ... من خلال عيوننا ... بحيث تصبح النسبة بين أحد نصفيها وأصغر القطعتين الدائريتين التي صنعتها عيوننا هي نفس النسبة التي بين سرعة الدائرة اللامتراكزة وسرعة النجم.» فإن النجم — ويقصد المريخ — سوف يبدو أحيانًا كما لو كان يتقهقر!

وماذا عن كوبرنيكوس؟ إنه يواصل في ثبات تبيانه لنا المجموعة الشمسية من وجهة نظر تعتمد على أرض ليست مركزًا للكون، وهي تصف حالات التراجع الكوكبية بأنها عارضة وعشوائية مثلها مثل محطات حياة كوبرنيكوس نفسه؛ بادوفا، فيرارا، ليدزبارك، أولشتين، فرومبورك. إنه يذكرنا، تحديدًا، بأن علماء الهندسة السابقين عليه فسروا عمليات تراجع الكواكب بأنها تحدث فقط نتيجة لحركات تلك الكواكب بالنسبة للشمس، بينما هي في الحقيقة بسبب «تزيُّح للجرم السماوي نتيجة للدائرة الفلكية العظيمة للأرض» (التفسير الحديث الموجز لهذا الأمر أن المريخ يسير بسرعة أبطأ من سرعة الأرض حول الشمس، وبميل طفيف على المسار الكسوفي). ويعلن كوبرنيكوس في نشوة المنتصر (وسوف أحذف البرهان الهندسي): «رأيي أنه عندما يكون الكوكب عند النقطة «و»، فإنه يبدو لنا في صورة توقف عن الحركة؛ وأنه أيًّا كان حجم القوس الذي نأخذه على أيٍّ من جانبَي النقطة «و»، فسوف نجد الكوكب يتقدم للأمام، إذا أخذنا القوس في اتجاه نقطة الأوج، ويتراجع للخلف، إذا كان القوس في اتجاه نقطة الحضيض.»

لم يكن هناك داعٍ لكي يبني نظريته الجديدة في حركة الكواكب من الصفر؛ إذ إن الحسابات الهندسية التي أجراها بطليموس، وكان الهدف منها التوافق مع المشاهدات، عبَّرت بالفعل عن علاقات رياضية حقيقية؛ ففي حاشية سفلية طويلة، يعتبر مترجم كتاب «المجسطي» هذه النظرية الخاصة بالتراجعات «معادلة تقريبًا لنظرية التحويل التي ينتقل بها المرء من النظرية البطلمية إلى النظرية الكوبرنيكية للكواكب الخارجية.

إن نسبة نصف قطر الدائرة التي يتحرك عليها مركز الدائرة اللامتراكزة وصولًا إلى نصف قطر الدائرة اللامتراكزة» لدى بطليموس «هي ذاتها نسبة نصف قطر فلك التدوير إلى نصف قطر «المؤجِّل» في نظرية فلك التدوير» لكوبرنيكوس. يكفينا أن نعيد القول بإيجاز، حسبما هو مفهوم بديهيًّا، أن مركز الدائرة اللامتراكزة لدى بطليموس يقابل متوسط موقع الشمس لدى كوبرنيكوس.

وهكذا اقترب بنا كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» من فهم حقيقة المدار المريخي.

الآن، أين المريخ؟ في معرض مناقشتنا لمدار الزهرة طرحنا هذا السؤال من زاوية أكثر تعميمًا بكثير: ما الترتيب الذي من المفترض أن نضع فيه فلك الزهرة الكروي؟ أما وقد أجبنا عن هذه المسألة، فإننا نود الآن أن نتمكن من تحديد موضع إحداثيات كل كوكب في أي توقيت.

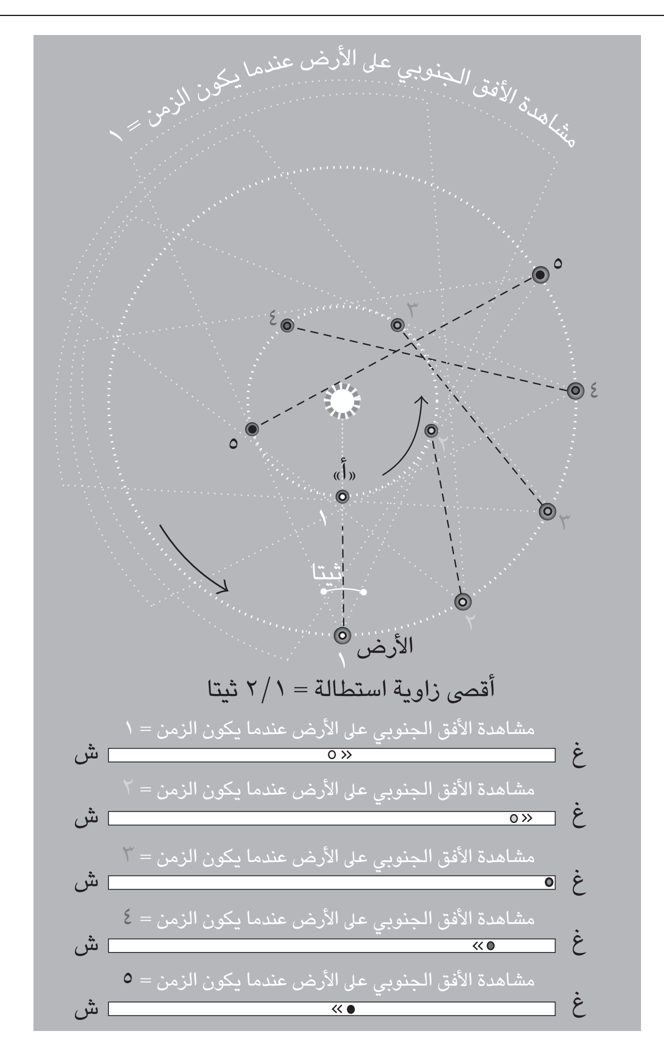
سوف تكون الخطوة الأولى تحديد فترات الكواكب.

يقول كوبرنيكوس — وهو محق في قوله — إن: «الموضع الحقيقي لزحل والمشتري والمريخ لا يصبح مرئيًّا لنا إلا» أثناء المواجهة، التي، من المنطقي تمامًا، أن تحدث «في منتصف حالات تراجعها؛ إذ إنه عند ذلك التوقيت يقع ثلاثتها على خط مستقيم مع متوسط موضع الشمس، وتنحِّي جانبًا تزيحها.» (حسبما أخبرنا هو من قبل، لا يمكن مشاهدة الكواكب الداخلية في تلك الأوقات، ولهذا فإنه يقيس زواياها الخاصة بأقصى استطالة غربًا وشرقًا، ثم يحسب المتوسط بينها.)

في حالة زحل والمشتري والمريخ، يعقد مقارنة بين «حالات الرصد الحديثة» الثلاث — رصده هو — مع ثلاث حالات رصد قديمة، ومن ثم يحدد مقدار ما يستغرقه كل كوكب في الدوران من موضع معين بين الشمس ونجم ثابت محدد عودةً إلى نفس الموضع من جديد. وهو يطلق على هذه الحركة «دورة تزيُّح واحدة». سوف تتيح له تلك البيانات حساب المسافات الكوكبية على نحو أفضل مما فعل أيٌّ ممن سبقوه. وبتعبيره هو: «دعونا نتغاضَ في صمت عن كمِّ الحسابات وتعقيدها ومللها.»

ثمة فكرة أخرى؛ وهي أن نعلِّق على تلك الحسابات.

يبدأ شرح فلكي مبني على معارف عصرنا الحالي الذي ليست فيه الأرض مركزًا للكون (عمر النص خمسون عامًا فقط) بالكلمات التالية: «الإجراء القياسي المتضمن هنا يتكون من دراسة حركة جسم ما في المجموعة الشمسية، مشكِّلًا تقويمًا فلكيًّا يقوم على نظرية الجاذبية وعاقدًا مقارنةً بين التقويم الفلكي وبين ما يشاهد في عمليات الرصد.»




**شكل ١٨:** الحركة القهقرية الظاهرية لكوكب داخلي «أ» (منظر كوبرنيكي مبسط).

لكل فاصل زمني، أدر الشكل وتخيل أنك تشاهد الأفق مقارنةً بالزمن «١»، والأرض عند المركز السفلي.

الموضع الظاهري، واتجاه سير وسرعة «أ» حسب مسقطه على أفقنا (مفترضين أن باستطاعتنا دومًا مشاهدته):

في هذا الشكل المعمم، ثمة مبالغة في السرعة النسبية للكوكب الداخلي، وحركته الظاهرية جرى تبسيطها (بطبيعة الحال الظواهر أكثر تعقيدًا من ذلك). تأمل المسار الظاهري للزهرة وكأنه يشاهَد من الأرض: في مسار الدائرتين الظاهرتين من حولنا، اللتين ليست علاماتهما النقطية الثلاث واحدة على الإطلاق، نفذ كوكب الزهرة عملية تقهقر واحدة (الحلقة الموجودة عند R).

بافتراض وجود حركة دائرية منتظمة باتجاه عكس عقارب الساعة لكلٍّ من الكوكبين الأرض و«أ»، وكذلك بافتراض أن الكوكب «أ» يسير بسرعة أكبر من سرعة كوكبنا، لو كان «أ» والأرض عند الاقتران السفلي بعد مرور الزمن ١، سوف يُشاهد الكوكب «أ» في منتصف أفقنا. ثم إنه سوف ينجذب أبعد وأبعد باتجاه الغرب. وحسب ملاحظة كوبرنيكوس، فإنه سوف يتحرك باتجاه الغرب في بطء نسبي؛ حيث إن كلا الكوكبين يتحركان في نفس الاتجاه، حتى إن بعضًا من الحركة المحسوسة للكوكب «أ» تُلغى بفعل حركة الأرض.

عند الزمن ٣ يكون الكوكب «أ» قد تحرك إلى أبعد مدًى غربًا يمكنه الوصول إليه فوق أفقنا؛ إذ إنه يكون قد أشرف على بلوغ أقصى بُعد زاوي له.

عند الزمن ٤ والزمن ٥ يكون الكوكب «أ» قد بلغ بالفعل الجانب البعيد من الشمس. من وجهة نظرنا أنه يتحرك الآن باتجاه الشرق. لما كانت الأرض لا تزال تتحرك في نفس اتجاهها السابق، فإن سرعة الكوكب «أ» الظاهرية عبر أفقنا تزداد.

كان لكوبرنيكوس تقويمه الفلكي، وهو تقويم أُعِدَّ من قبل بجهود بطليموس وهيبارخوس وغيرهما من المنكرين لذواتهم، ولكن رجاءً، ذكِّر نفسك من جديد أنه حتى نهاية أيامه سوف تظل نظرية الجاذبية غائبة عنه، التي كانت وظيفتها أن تمنح الكوكب المعني «حركته المتمركزة حول الشمس، التي تتحدد عن طريق عناصر مدارية وكتل تابعة من الكواكب المضطربة الحركة.» رجاءً تذكَّر هذا الكاهن المعتزل داخل برجه في فرومبورك، يعمل في دأب وصبر لاستكشاف الدوائر الكوكبية وأوضاعها، ويفعل ذلك دون ما نعتبره الآن أدوات لا غنى عنها تعتمد على قوانين نيوتن الميكانيكية. لهذا السبب تتعاظم حلوله الهندسية لتتشعب وتتشابك لتصبح أشبه بالزهرة النجمية العنكبوتية المصنوعة من خطوط منقوشة في صحون الكنائس البولندية؛ ومع ذلك فهو لم ينتهِ بعد.

ويواصل فلكيو قرننا العشرين حديثهم بالقول: «وتتعقد المشكلة بسبب أن عمليات الرصد تتم من مرصد موجود فوق سطح الأرض؛ ومن ثم يُدخِل حساب التقويم الفلكي

المتمركز حول الأرض الحركة الفلكية لكوكب الأرض حول الشمس في المسألة ... ويجب السماح بإدخال عنصر التفاوت القمري الذي يحدث بسبب حركة مركز الأرض حول مركز كتلة منظومة الأرض-القمر. هذا المدار عبارة عن انعكاس مصغَّر لحركة القمر حول الأرض.» ومن جديد لن يكون لدى كوبرنيكوس مطلقًا أي فرصة للسماح بالتفاوت القمري بدخول المعادلة؛ حيث إنه لا يملك أي نظرية للجاذبية تبين له وجوده وأهميته.

بوضع تلك الصعوبات الجمَّة في الاعتبار، فإنه مما يستحق الملاحظة الشديدة أن أنصاف أقطار المؤجِّلات التي يحسبها كوبرنيكوس للكواكب، والتي تترجم إلى متوسطات أنصاف أقطار مداراتها الفعلية التي على شكل قطع ناقص، سوف تكون قريبة من الدقة في حالتَي عطارد وزحل، الكوكبين الطرفيين من الكواكب المعلومة وقتئذ (وهنا يتجاوز خطؤه نسبة ٣ في المائة)؛ وفي حالة الزهرة والمريخ والمشتري، سوف يكون خطؤه بنسبة ٠,٥٥ في المائة أو أقل.

«كما يجب علاوة على ذلك السماح بوضع حقيقة أن الراصد يتحرك حول محور دوران الأرض في الاعتبار. ويتم ذلك عن طريق تطبيق تصويب التزيح القائم على مركزية الأرض بالنسبة للوضع المرصود، ومن ثم اختزاله إلى وضع قائم على مركزية الأرض. ويتطلب هذا التصويب إدخال التزيح الشمسي في المسألة، ويمكن إجراؤه إذا كان بُعد الجسم المرصود المعبَّر عنه بالوحدات الفلكية، معلومًا بدرجة كافية.»

هذا الأمر في مقدور كوبرنيكوس أن يفعله، ولكن هذا يُعزى فقط إلى أنه حسب هذا «البعد بالوحدات الفلكية» بطريقته الخاصة: مدارات ذات شكل غير صحيح حول نقطة غير صحيحة، والكل دعمه سوء فهم أرسطي للحركة! ومن ثم يقيِّم الفلكي زدنيك كوبول كوبرنيكوس قائلًا إنه بذل جهدًا شاقًّا «دون أن يكلل بكثير من النجاح.»

تخيَّل كوبرنيكوس خلال الساعات القليلة لليل البولندي، يراقب من خلال أسطرلابه. «علاوة على ذلك، أجرينا عمليات رصد لاقتران المريخ بأول نجم لامع في المجموعة المخلبية، ويسمى المخلب الجنوبي ...» وبرسم دائرة لامتراكزة يخترقها سهم «أ ب ج» ترتبط بالفلك التدويري «ب و» بمثلثين ذوي استطالة، يحدد كوبرنيكوس متوسط الدائرة الفلكية للمريخ.

يقول كوبرنيكوس في أحد المواضع: «عقدنا مقارنة بين تلك الحالات الثلاث للرصد التي أجراها بطليموس للمريخ وثلاث عمليات رصد أخرى، لم نهمل في إجرائها.» وفي موضع آخر يحسب زاوية القمر «ق» والأرض «أ» والمريخ «م»، «ق أ م»، ليجدها

٥٠′ ٤٧°، «ومن هنا فإن حركة الكوكب بداية من المواجهة الشمسية الأولى حتى الثانية ظاهرة، والرقم متفق مع التجارب السابقة.» في إيجاز، يحدِّد كوبرنيكوس السنوات التي مرَّت بين المواجهتين، ويحول الزمن إلى درجات على دائرة بأسلوبه المعهود، ثم يضع إحداثيات الموقع لكل كوكب على كرة النجوم الثابتة، وبعدها يرسم دوائره. «القوس المعروف «أ ب» يقع قبالة الزاوية غير معلومة المقدار «أ و ب» ...» وهو يحدد حاليًّا متوسط التزيح لكل كوكب.

في حالة المريخ، يذكر كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، اعتمادًا على عمليات رصد أجراها هيبارخوس وبطليموس، حدوث ٣٧ «دورة تزيح» خلال زمن يزيد قليلًا على ٧٩ سنة شمسية؛ بما يعني أن الأرض تمر بالمريخ ٣٧ مرة خلال تلك الفترة، وخلالها أيضًا «يكمل الكوكب في حركته الخاصة ٤٢ فترة مضافًا إليها درجتان و٢٤ دقيقة و٥٦ ثانية.» من تلك البيانات، يشتق كوبرنيكوس (يحذف التفاصيل، كما هي العادة، لكنني أفترض أنه أجرى عملية قسمة ٧٩ على ٣٧، ثم ضرب الناتج في ٣٦٥) دائرة واحدة للتزيح المريخي ليكون الناتج ٧٧٩ يومًا.

نحن الآن نحسب الفترة المدارية للمريخ فنجدها ١,٨٨ عامًا، أو ٦٨٦ يومًا. والقيمة التي توصل إليها كوبرنيكوس لـ ٤٢ فترة خلال ٧٩ عامًا ناتجها ١,٨٨، وهو ما يؤكد إعجابي بالراصدين القدماء، ولكوبرنيكوس. كان في استطاعة بطليموس أن يجري تلك العملية الحسابية البسيطة فقط لو أنه افترض مركزية الشمس أولًا.

هناك عملية حسابية أخرى يمكن إجراؤها باستخدام رقم دورات التزيح المريخي تعزز ما توصلنا إليه لتوِّنا؛ إذ لو كانت الأرض تمر بالمريخ ٣٧ مرة خلال نفس المقدار الزمني الذي يدور فيه المريخ حول الشمس ٤٢ مرة، فلا بد لنا أن نتوقع أن الفترة المريخية ١ و٣٧ / ٤٢ من السنوات الشمسية، وهو ما يعطينا من جديد الرقم ١,٨٨ سنة.

«زِدْ على ذلك، أننا أجرينا عمليات الرصد على الاقتران بين المريخ وأول نجم لامع من المجموعة المخلبية، ويسمى المخلب الجنوبي ...» فيرسم دائرة لامتراكزة يخترقها سهم «أ ب ج» ترتبط بالفلك التدويري «ب و» بمثلثين ذوي استطالة، يحدد كوبرنيكوس متوسط الدائرة الفلكية للمريخ فيجده مساويًا لنصف قطر المسار الكسوفي مضافًا إليه ١١″ ٣١′.

القيمة المعاصرة لمدار المريخ تحدد متوسط نصف قطر يبلغ ١,٥٢٤ وحدة فلكية، أو مرة ونصف قدر نصف قطر المسار الكسوفي. وبقسمة الدقائق الإحدى والثلاثين التي

توصَّل إليها كوبرنيكوس على ٦٠ يكون الناتج ٠٫٥١٦؛ فإذا أضفنا تلك القيمة لوحدة نصف قطر كسوفي واحدة، أو وحدة فلكية واحدة، نحصل على رقم قريب جدًّا من الواقع وهو ١٫٥١٦، وجميع تلك الحسابات أجريت باستخدام دوائر وزوايا مأخوذة من عمليات رصد قديمة! «كذلك الحال أيضًا مع المريخ؛ فالحركات والمقادير والمسافات جرى تحليلها منطقيًّا إلى نسبة ثابتة بواسطة حركة الأرض.»

## الكتاب الخامس، الأجزاء ٤–٣٦: إنقاذ عطارد من الأذى والإساءة

صرنا نفهم الآن أن «الحركات الصحيحة» لكل كوكب لا تتشكل فحسب عن طريق لاتراكزه، وإنما أيضًا عن طريق انحرافه عن المسار الكسوفي، ناهيك عن زاوية ميل خط استوائه على مستواه المداري. إن كوكب بلوتو، الذي يشذُّ عن القاعدة في العديد والعديد من النواحي الأخرى، يفخر بأن زاوية ميله مقدارها ٢٨′ ١٢٢°، في حين أن زاوية ميل الزهرة أكبر حتى منه: ١٨′ ١٧٧°. إن بلوتو يمتلك أعلى زاوية انحراف (٨′ ١٧°)، يليه عطارد بما يزيد قليلًا على ٧°. لو أنها كانت جميعًا لديها زاوية الميل الاستوائي لعطارد وزاوية انحراف الأرض — صفر بالضبط! — فكم كان سيصبح هذا متماشيًا مع أرسطو، بل قل كم كان سيصبح متماشيًا مع النص المقدس! ولكن من الأفضل أن نمضي قدمًا نحو كوننا غير المتمركز.

فيما يتعلق بنوع اللاتراكزية التي لدينا، وهو تحديدًا الانحراف عن الدائرة، من المؤكد أن كوبرنيكوس أوضح وجهة نظره جلية — غير مسموح بالانحراف! — إذ إنه يعالج الحيود بنوع آخر من اللاتراكزية: دائرة بعيدة عن المركز. هل كان لزامًا عليه أن يستخدم دائرة لامتراكزة لدائرة لامتراكزة أخرى، أم دائرة لامتراكزة تحمل فلك تدوير؟ إن أيًّا من الأمرين يبدو مضللًا جدًّا لبطلنا. ها هو يكتب في أسًى قائلًا: «من خلال هذه الحركة المركَّبة، لا يتحرك الكوكب على هيئة دائرة تامة الاستدارة بما يتفق مع نظرية الرياضيين القدماء، وإنما في منحنًى مختلف على نحو لا تدركه الحواس.» لا يهم. «سوف نبين من عمليات الرصد أن تلك الافتراضات الجدلية كافية لتفسير الظواهر.»

إنه ينقذ عطارد من الموازن، وأقصد «من التعرض للأذى والإساءة» مغلِّفًا إياه بدائرة لامتراكزة حول دائرة لامتراكزة أخرى بدلًا من ذلك الموازن البغيض. «عندما جرى اشتقاق الرقم بهذه الطريقة، أخذت كل تلك الأشياء ترتيبها الصحيح على الخط المستقيم «أ ح ج

هـ د و ك ط ل ب».» في هذه الأثناء يحدِّد لعطارد فترة زمنية مقدارها ٨٨ يومًا، وهي في الحقيقة لا تبعد كثيرًا عن القيمة التي توصلنا نحن إليها، ومقدارها ٨٧,٩٦٩ يومًا.

وماذا بعد؟ «إذن بواسطة الجداول المستنتجة على أيدينا بهذه الطريقة سوف نحسب دون أي مشقة مواضع النجوم السيارة الخمسة فوق خطوط الطول.» إن ضم الحركات الأرضية إلى محيط رؤيته وفهمه يجعله إلى هذه الدرجة أقرب لما يمكن أن نسميه الحقيقة المطلقة؛ ربما كان هذا التوافق مع الواقع هو ما سمح له بإنقاذ أفلاك التدوير التي توصل إليها بطليموس، على الأقل بالنسبة للكواكب الخارجية في المجموعة الشمسية، عن طريق ترجمتها إلى أفلاك دائرية حول متوسط موضع الشمس (أما بالنسبة للدوائر اللامتراكزة لتلك الكواكب، فإنها تصير متوسطات أفلاك طولية حول متوسط موضع الشمس).

إنه يطبق هندسته المتمركزة حول الأرض على موقع زحل في صفحات كثيرة (بعدها بقرون، انبهر إلى حدٍّ ما أحد المتخصصين بحساب كوبرنيكوس «العبقري، حتى وإن لم يكن موفقًا، لدوائر عرض الكواكب المبنية على مركزية الشمس ومركزية الأرض»). إن الصورة الفلكية لزحل هي لرجل عجوز، كثيرًا ما يرتدي السواد ويمسك بمنجل أو شيء معقوف الطرف. وأرى أن هذا المفهوم له علاقة بالطول الهائل للسنة الزحلية. فمن ناحية بُعد الكوكب عن الشمس واهبة الحياة، يعد هذا الوصف دقيقًا على المستوى الشاعري؛ فزحل يسبح بعيدًا في الظلام البارد، لكنه مع ذلك ليس بنفس البعد السحيق الذي يتسم به كوكب بلوتو، الذي نربط اسمه وظلامه بالموت.

بعد جمع كوبرنيكوس لبيانات بطليموس، يشير إلى أنه ذات يوم من أيام عام ١٥١٤، أصبح زحل على استقامة واحدة مع النجوم الواقعة عند جبهة برج العقرب. وبعد أن يضع التزيح ومتوسط الموضع الشمسي والدائرة اللامتراكزة «أ ب جـ»، ونسبة المثلثات في ترتيبها الصحيح، يبدأ في حساب أعلى وأدنى مسافتين عن زحل. ويفعل الشيء نفسه بالنسبة للمشتري، مضيفًا: «كل تلك الأشياء في انتظام تام مع افتراضنا تحرك الأرض وانتظامها المطلق» في الحركة. ثم يجلس وحيدًا في فرومبورك، في حين تروح الكواكب وتجيء من أعلاه متابعة دورانها صوب الشرق.

# تقييمات

ما الذي يجب أن نكتبه على شاهد قبر كوبرنيكوس؟

**«تعفن في صندوق»**

بالنسبة لكوستلر، الذي شارك في الحركات الدورانية، ومن ثم كان ينبغي أن تكون معرفته أفضل، بطل كتابنا هذا لم يكن «أصوليًّا أو حتى مفكرًا تقدميًّا»، وإنما كان مجرد مُراجِع لأفكار أرسطو ولأفكار بطليموس مُراجِع أرسطو الأكثر علمًا بالرياضيات والأقل اهتمامًا بالعناصر. يجب النظر إلى كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» باعتباره «محاولة أخيرة لإصلاح ماكينة عفَّى عليها الزمن من خلال تحويل عجلاتها في الاتجاه المعاكس.»

أما توماس كون، الذي كان يجمع بين كونه أكثر إنصافًا وطيبة، فيعلِّق قائلًا: «حاول كوبرنيكوس تصميم منظومة أرسطية في الأساس، ولكنها حول أرض تتحرك، غير أنه أخفق في ذلك. ورأى أتباعه التبعات الكاملة لابتكاره، وانهارت المنظومة الأرسطية برمتها.»

ويرفض أسجر آبوا كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»؛ لأنه «يشبه كثيرًا كتاب «المجسطي» فيما عدا جانبين اثنين؛ فهو يشمل علم الكونيات، وهو متمسك بشدة بمبدأ الحركة الدائرية المنتظمة.»

ووفق ما ذكره سانتيلانا، «كانت الأطروحة العظيمة لكوبرنيكوس معروفة على مدار نصف قرن، غير أنه طيلة هذه المدة أثار النقد في أغلب الأحوال. وأسرت الفكرة الجديدة قلة من أصحاب الأنفس الشاعرية والجسورة، غير أنهم لم يستطيعوا أن يفهموا فهمًا تامًّا تلك التفاصيل العويصة للمنظومة.»

غير أنه في بلدة إلبلونك، أصبح كوبرنيكوس موضع اهتمام حقيقي باعتباره مصدر تهديد؛ إذ إنه في وقت مبكر لم يتجاوز عام ١٥٣٣ كان البروتستانت قد ألَّفوا بالفعل عملًا دراميًّا يهاجمونه فيه، وكان بعنوان «مرحلة بلهاء». «قُدِّم كوبرنيكوس في تلك المسرحية باعتباره رجلًا متعجرفًا، باردًا وانطوائيًّا لا يكتفي بالانغماس في علم التنجيم وحسب معتبرًا نفسه ملهَمًا من الرب، وإنما يُشاع عنه كذلك أنه ألَّف عملًا عظيمًا أصابه العفن داخل صندوق.»

يقول أحد فلكيي الفاتيكان عام ٢٠٠٠ ميلاديًّا ضاحكًا: «واقع الأمر، أن المنظومة الكوبرنيكية، حسبما عرضها كوبرنيكوس نفسه، ليست أبسط من المنظومة البطلمية إلا بصورة هامشية … ولم تأتِ فكرة كبلر العبقرية القاضية بأن مدارات الكواكب على هيئة قطع ناقص إلا بعد ما يقرب من مائة عام.» ولا ريب أن كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» «حظي بتقدير رفيع طيلة الخمسين عامًا التالية …»

يوجِز أحد زملاء الجمعية الملكية للملاحة الجوية التطورات الفلكية على النحو التالي: «شكَّلت الكواكب، أو النجوم السيارة، أغلب المشكلات التي أعاقت الفهم. في القرن السادس عشر حلَّها كبلر.» وكوبرنيكوس المسكين لم يُذكر حتى اسمه. دَعْ كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» يتعفن داخل صندوقه!

## افتراض خاطئ وشرح صحيح

«حلَّها كبلر.» حسنًا، فماذا قال كبلر نفسه؟ مع أنه هو أيضًا كان ينقصه مفهوم نيوتن للجاذبية؛ فقد فهم مع ذلك أن الشمس المركزية تدفع بصورة أو بأخرى الكواكب إلى الدوران، وأعلن في جرأة أنه «لا توجد دوائر أخرى أصغر تسمى أفلاك التدوير.» بالإضافة إلى تعديله لمدارات كوبرنيكوس من دوائر إلى مسارات بيضاوية (قطع ناقص)، برَّر كبلر قليلًا الحركات الكوكبية بزعمه (كما سنناقش فيما يلي) أن نصف القطر الممتد من الكوكب إلى الشمس يقطع مساحات متساوية في أزمنة متساوية، وهو بالتأكيد تقدُّم عظيم أحرزه على استراتيجية الموازنات التي نادى بها بطليموس؛ ومع ذلك، فإن أجمل أطروحة ألَّفها كبلر كان عنوانها «خلاصة الفلك الكوبرنيكي»، وأشار بإجلال إلى «فلسفة كوبرنيكوس».

عام ١٥٩٤ علَّق أحد الفلكيين الإنجليز على الفكرة التي تميز بها كوبرنيكوس، والتي تدور حول مركزية الشمس، قائلًا: «بمعاونة افتراض خاطئ قدَّم شروحًا للحركات والدورات التي تقوم بها الأجرام السماوية أكثر صوابًا من أي وقت مضى.»

ويعتبره فلكيُّ القرن العشرين إيه سي بي لافل «على صواب بصورة جوهرية»، وفي منتصف القرن التاسع عشر، كتب صديقنا القديم هيرشل — وهو نفسه مكتشفٌ علمي عظيم — ببساطة في كتابه «الخطوط العريضة لعلم الفلك» قائلًا: «بدايةً، سوف نعتبر منظومة كوبرنيكوس الكونية من الأمور المسلم بها.»

# شروح: الكتاب السادس

يبدأ كوبرنيكوس كتابه الأخير هذا بقوله: «يبقى علينا أن ننشغل بحركات الكواكب التي تسبِّب انحراف الكواكب عن دوائر عرضها.» هكذا يبدأ كوبرنيكوس كتابه الأخير هذا، مكملًا: «وأن نبين كيف أنه في هذه الحالة أيضًا تمارس نفس حركة الأرض سيطرتها وتسنُّ القوانين هنا أيضًا.»

إن علم الفلك في أيامنا هذه يسعى جاهدًا كي يصف لنا التركيبات الكيميائية ودرجات الحرارة السطحية والظواهر، بل وحتى طوبوغرافية الأجرام السماوية المجاورة لنا؛ إذ تم حساب مداراتها. لقد علمنا أن هذا الكوكب أو ذاك يدور على بُعدٍ متوسطه كذا وكذا عن الشمس، بمقدار كذا من اللاتراكزية. وتبدو المعلومة على شكل خط في جدول، أو عبارة هامشية في فقرة تقديمية. هذا لا يحمل أي جديد. بينما أؤلف كتابي هذا على كمبيوتري المحمول، استمتعت برفاهية التنقل جيئة وذهابًا بين النص الذي أكتبه وبرنامج فلكي على الكمبيوتر سمح لي بمشاهدة الكواكب أثناء دورانها من أي نقطة مراقبة أحبها، مصحوبة أو غير مصحوبة بأسماء الأبراج ومسار كسوفي. فدارت الأرض مرات ومرات، ودار المريخ وهو يهتز ويترنح حسبما يشاهد من الأرض. لقد حققت الكوبرنيكية مجدها عندما جعلتنا أقرب إلى تلك النقطة. وبتعبير مترجم بطليموس: «بمجرد أن افتُرِضت منظومة كوبرنيكوس، صار من الممكن على الفور من واقع أرقام بطليموس» — دوائر التزيح، ودورات خطوط الطول، ونصف قطر فلك التدوير، إلخ — «و«بدون المزيد من عمليات الرصد»؛ الاستدلال على أمرين شكَّلَا أهمية قصوى لكبلر ونيوتن: (١) الأزمنة الدورية لدوران الكواكب حول الشمس، و(٢) المسافات النسبية لبُعد الكواكب المختلفة عن الشمس.»

هذا ما أنجزه كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» في الكتاب الخامس منه.

تبقى مهمة للكتاب السادس، الذي هو في حقيقة الأمر ملحق موجز للكتاب الخامس، وهذه المهمة، تتعلق، كما يوضح هو، بمسألة أنه «يقال إن المواقع الحقيقية للكواكب لا تُعرَف إلا عندما تتحدد خطوط طولها بجانب دوائر عرضها بالنسبة للمسار الكسوفي.»

أعظم إخفاق واجهني عند تقديمي لكتاب «عن دورات الأجرام السماوية» تَمثَّل في تناول المواضع السماوية. الشيء الذي كان يجب عليَّ فعله هو أن أخصِّص مساحة كافية لشرح بناء الأسطرلابات وجهاز قياس التزيح، موضِّحًا حركات كل آلة، والمنظر الذي يشاهد من خلال العدسات، ثم أقدِّم تفصيلات عن استخدام جداول كوبرنيكوس بحيث يمكن للقارئ أن يفهم فهمًا دقيقًا عملية تحويل بيانات الرصد إلى معرفة بالمواضع. وللأسف، في كل مرة حاولت فعل ذلك، كنت أضطر لاستخدام عدد من الكلمات يوازي ضعفَي ما استخدمه كوبرنيكوس ذاته. وعلى الرغم من آمالي البسيطة، يعد هذا الكتاب لذلك مناقشة للقضايا التي تثيرها قراءته أكثر من كونه شرحًا تفسيريًّا لكتاب عن دورات الأجرام السماوية. والكتاب المثالي الذي ينبغي أن يرافق كتابي هذا لا بد أن يكتبه فلكيٌّ متخصص، وأن يكون عنوانه «كيف تبني وتستخدم جهاز قياس التزيح من فناء منزلك الخلفي، مشتملًا على كل الجداول، ومحدثًا بتقويم فلكي للكواكب العابرة لزحل». وعندها يصير في استطاعتك أن تحكم على نحو أفضل على مفاخر كوبرنيكوس؛ «ومن ثم عن طريق افتراض حركة الأرض سوف نحقق» — والكلمات القليلة التالية فقط هي التي تثير شكوكي — «ربما بدرجة أكبر من التماسك وبصورة أكثر جاذبية، ما اعتقد الرياضيون القدماء أنهم أوضحوه استنادًا إلى فرضية سكون الأرض.»

## الكتاب السادس، الأجزاء ١–٨: الميل الزاوي، الحيود، الانحراف

بيَّن لنا كوبرنيكوس في الكتاب الخامس كيف نحسب «المواضع حسب خطوط الطول للنجوم السيارة الخمسة» والمقصود بها المسافات الفاصلة بين تلك الكواكب في اتجاه الغرب ومتوسط موضع الشمس؛ وقد جنبتُك مشقة الحسابات المضنية للتوصل إلى التزيح الصحيح لأحد الكواكب، الذي يجب أن يضاف إلى الشذوذ المصوِّب للتزيح لو كان «أكبر من نصف دائرة»، ويُطرح منه لو كان بخلاف ذلك. والمواضع الكوكبية الناتجة، عند طرحها من متوسط الموضع الشمسي، سوف تعطينا «الموضع الذي نبحث عنه للكوكب داخل كرة النجوم الثابتة.» وفي الكتاب الخامس، أجرى كوبرنيكوس من أجلنا حسابًا لذلك.

ينتقل كوبرنيكوس الآن إلى تلك التعرجات الظاهرية التي ليست نتاج تلك الاختلافات في الموضع والسرعة التي تحدث على المستوى الكسوفي بين الكوكب المعني والراصد الأرضي، بل الناتجة عن انحراف الكوكب عن المسار الكسوفي.

في معرض مناقشته للحركات القمرية في الكتاب الرابع، قدَّم كوبرنيكوس مفهوم «العقد»؛ غير أنني أخفيته في حاشية سفلية؛ حيث إن إيجازي في هذه النقطة كان سطحيًّا. وبإعراب كوبرنيكوس عن تقدير مستحق لبطليموس، يعيده إلى المشهد من جديد هنا؛ لهذا سوف أحذو حذوه: العقد عبارة عن نقطتين للتقاطع بين المستوى المداري للكوكب والمستوى الكسوفي. «كل استطراد في دائرة العرض يقاس من العقد.» ومن هنا فإن العقدة الصاعدة هي النقطة التي عندها «يدخل الكوكب في دوائر العرض الشمالية»، والعقدة الهابطة هي العكس. باختصار: يقصد كوبرنيكوس بـ «الاستطرادات»، «حالات الابتعاد عن المسار الكسوفي.» ولتصوير ذلك، خُذْ مثلًا استطرادَي كوكب المريخ اللذين رصدهما بطليموس: في المواجهة الشمسية «عند أقصى حدود دوائر العرض الجنوبية»، كان الرقم ٧ درجات؛ وفي الاقتران الشمسي صار ٥ دقائق فقط، «حتى إنه كاد يلامس المسار الكسوفي» (القول بالقول يذكر، يُظهر هذا الكوكب، من بين سائر الكواكب، أعلى درجة من درجات الاستطراد).

أطلق بطليموس على دائرة العرض «التي تقع عند متوسطات خطوط الطول» اسم «الميل المداري» (نحن نعرفها الآن بأنها زاوية الميل السماوية للجرم مع المسار الكسوفي)، وأطلق على دائرة العرض عند أعلى وأدنى «نقاط قبوية» — وهي نقاط على المدار يكون عندها جرمان سماويان أقرب ما يكون أحدهما إلى الآخر — اسم «الحيود»، الذي يشرحه لنا جيكوبسن بصورة تساعدنا أكثر على فهمه بقوله إنه: «تأرجح دوري طفيف في ميول المؤجِّلات الكوكبية»؛ كما أطلق بطليموس على «الثالث الذي يحدث مقترنًا مع الثاني» اسم «الانحراف». ومن جديد يقول جيكوبسن: «تأرجحٌ في مستويات فلك تدوير.» في الفصل الخاص بمدارات كوكب الزهرة، هاجم ذلك الفلكي بالفعل نيابة عنا مفهوم الانحراف. في حقيقة الأمر، لم يعد مصطلحَا الانحراف والحيود يستخدمان كثيرًا في أيامنا هذه (لهذا السبب وغيره، فإن الكتاب السادس بحقٍّ كتاب مبهم). ودون أن يتكهن كوبرنيكوس بالمستقبل، يقرُّ هذين المصطلحين كي يشرح الحركات المنتظمة للدوائر الفلكية للكواكب

حول المسار الكسوفي. أما في حالة الكواكب الثلاثة الأخرى الخارجية، فإن التأرجح يدخل المشهد، وهو ميزة دائمة لأي مدافع عن الحركة الدائرية المنتظمة؛ إذ عندئذٍ يمكنه القول: «في حالة الأشياء التي تتعرض للتأرجح، علينا أن نأخذ متوسطًا معينًا بين طرفَي النقيض.» أما الزهرة وعطارد فمن جانبهما يُظهران نوعًا آخر من التأرجح. ومن نافلة القول أن المناقشة تصبح الآن فنية ونوعية في آنٍ واحد بحيث تتجاوز مستوى تفكيري الأرضي المتواضع؛ فكل كوكب ينفرد بمصطلحاته الخاصة؛ فمثلًا «عطارد يختلف أيضًا عن الزهرة في أن تأرجحه لا يحدث في دائرة متحدة المركز مع دائرة أخرى لامتراكزة، وإنما في دائرة لامتراكزة مع دائرة أخرى لامتراكزة.» لكن في جميع الأحوال، من الممكن تعريف التأرجح تعريفًا شديد المنطقية بأنه الفارق بين أقصى ميل وأقل ميل؛ ويعادل نصف هذا الرقم متوسط الميل.

يشرع كوبرنيكوس الآن في استخدام عمليات الرصد التي أجراها بطليموس بخصوص الاستطراد بهدف حساب ميول الدوائر الفلكية لزحل والمشتري والمريخ، والتي منها يحسب زوايا دائرة العرض الظاهرة:

| الكوكب | أقصى ميل | أقل ميل | القيمة الحديثة |
|---|---|---|---|
| زحل | ٢° ٤٤′ | ٢° ١٦′ | ٢° ٢٩′ |
| المشتري | ١° ٤٢′ | ١° ١٨′ | ١° ٢٩′ |
| المريخ | ١° ٥١′ | ٩′ | ١° ٢٦′ |
| الزهرة | ٣° ٢٩′ | ٤٦′ | ٣° ١٢′ |
| عطارد | ٦° ١٥′ | ٧° | ٧° |

من الواضح أن قيم الميل المعاصرة تقابل إلى حدٍّ لا بأس به من التماثل قيم الميل القصوى التي توصل إليها كوبرنيكوس.

أما بالنسبة للحيود، فمع علمنا بأنه ليس إلا جثة متحللة لمفهوم خاطئ، فسوف أكتفي بإمتاعك بالقاعدة الخالدة الآتية: «يظل حيود الزهرة دائمًا شماليًّا وحيود عطارد جنوبيًّا.» ومع أن المشاهدات التي جاءت منها هذه القاعدة لا تزال صحيحة، فإن المفهوم ذاته كان لا يختلف عن موازنات بطليموس.

## الكتاب السادس، الجزء ٩: «إلا أنه في حالة عطارد ...»

ثم تأتي في أعقاب ذلك صفحتان من التعليمات العامة «عن حساب دوائر عرض النجوم السيارة الخمسة». فكما نعلم، عندما يذكر كوبرنيكوس كلمة «دائرة عرض» فلربما كان يعني خط عرض الميل أو الانحراف أو الحيود، لكنه هنا يقصد «دائرة العرض السائدة». احسب الثلاث الأخرى واجمعها معًا إن كانت جميعًا موجبة القيمة أو سالبة القيمة؛ فإن لم تكن الحال هكذا، اطرح القيمة مختلفة العلامة الجبرية من الاثنتين متشابهتَي العلامة الجبرية، «وسوف يكون الفارق هو دائرة العرض السائدة التي نبحث عنها.» هكذا ينتهي كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» بالطريقة الكوبرنيكية المعتادة إلى حدٍّ يثير السخط! تشترك جداول دوائر عرض زحل والمشتري والمريخ في بعض عناوين الأعمدة المشتركة مع الجداول المقابلة للزهرة وعطارد، غير أن ذلك الأخير لديه حيود وانحرافات، في حين أن الأول لديه تقسيمات فرعية شمالية وجنوبية. ولدى الكواكب الخارجية «دقائق كسرية»؛ وتتفاخر الداخلية منها ب «دقائق كسرية للانحراف». والتعليمات ذاتها تزخر بمثل تلك العبارات المحيرة مثل «... إلا أنه في حالة عطارد يُطرح عُشر الانحراف، إذا وُجِد شذوذ الدائرة اللامتراكزة ورقمها في العمود الأول من الجدول، أو نكتفي بإضافة هذا العُشر، إذا وُجِد حيود الدائرة اللامتراكزة ورقمها في العمود الثاني من الجدول؛ ويحتفظ بالفارق أو حاصل الجمع.» باختصار: «إن العقل ليرتعد.»

# البساطة

افترض أن الأرض تتحرك بالفعل وليست الشمس. سلَّم بطليموس جدلًا بأنه: «فيما يتعلق بظواهر النجوم، ربما لا يوجد شيء يُبقي الأمور متفقة مع هذه الفرضية الأكثر بساطة.» ومع ذلك، «في ضوء ما يحدث من حولنا في الفضاء، فإن فكرة مثل تلك تبدو غريبة تمامًا.» هل تذكر تلك القاعدة المسماة بشفرة أوكام (التي أُقرَّ من جديد أنها صيغت بعد وفاة بطليموس بزمن طويل، والتي أؤكد من جديد أن بطليموس وخلفاءه بصفة عامة حاولوا اتباعها)، التي تنصحنا بتقبُّل أبسط الفروض الجدلية التي تتفق مع الحقائق التي نفهمها، أو حسبما عبَّر كبلر عن ذلك بطريقة عملية بقوله: «لعلم الفلك غايتان: تفسير الظواهر والتأمل في الشكل الحقيقي لصرح الكون.» لم تكن حدود المشاهدة عام ١٥١ ميلاديًّا قد تقلَّصت بالقدر الكافي لدحض فرضيات أرسطو فيما يتعلق بحركات «ما يحدث من حولنا في الفضاء»؛ لهذا، اهتم بطليموس من خلال فكره المبهر القائم على «تفسير الظواهر» بإيجاد تفسير مقبول ظاهريًّا للكون وإن كان خاطئًا. خاطئ، نعم، لكنه مقبول ظاهريًّا بالفعل. ويعلِّق أحد الفلكيين المعاصرين لنا بقوله إن أفلاك التدوير أنقذت منظومة مركزية الأرض لمدة ألفَي عام بالتوافق «على نحو جيد إلى حدٍّ ما مع الحركات الزاوية للكواكب في خط الطول، مع دقة شبه مساوية لما توصلت إليه عمليات الرصد المعاصرة ... في حقيقة الأمر، يمكن القول إن أفلاك التدوير كانت مقبولة علميًّا عند

الحكم عليها بالمعايير الحديثة للتوافق المرضي مع المشاهدات.» ومع ذلك، فإن الظواهر لم تُفسَّر تمامًا. فكما رأينا، انخفض مستوى بساطة الأمور تبعًا لذلك، حيث أضفنا المزيد من أفلاك التدوير والموازنات لتفسير ما يظهر إلى النور من حالات عدم التوافق.

من هنا جاء كتاب «عن دورات الأجرام السماوية».

## الْتماس المنجمين العونَ بصورة مخزية

ما الذي حدث لأفكار كوبرنيكوس المجنونة بعد أن تعفَّنت تمامًا داخل صندوقها؟ يقول توماس كون، وهو ينوي رواية قصة جميع الثورات العلمية: «لبرهة من الوقت، استعان بها المتخصص حتى بالرغم من أنه في إطار المناخ الأوسع نطاقًا للفكر العلمي، بدت عصية على التصديق.» الحقيقة، أنه بعد نشر كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» بأقل من عشرة أعوام نجد «الجداول الكوبرنيكية» لإراسموس راينهولد تستخدم هندسة كوبرنيكوس في حساب الجداول الكوكبية الفائقة، في ذات الوقت الذي توافق فيه بقيتنا على أن الأرض بطبيعة الحال ساكنة. «في كل عمل يستلزم رصد موقف وحركة، وجانبًا ما من النجوم والكواكب، في الأبراج والدرجات، وموقع كل هؤلاء بالنسبة إلى طول ودائرة عرض المناخ؛ إذ من خلال تلك الحسابات تتباين سمات الزوايا، التي تصنعها أشعة الأجرام السماوية على هيئة الشيء، ووفقًا لها تُغرس الفضائل السماوية.» كتب هذه العبارة أحد المنجمين بعد مرور ٢٥٨ عامًا بالتمام والكمال على نشر كتاب «عن دورات الأجرام السماوية». وهذه العبارة توضِّح بجلاء ما يحتاج إليه المنجمون، ولماذا. وما كانوا يريدونه مَنَحَهم إياه بمقدارٍ لا بأس به كتاب «عن دورات الأجرام السماوية». لمَّا كان تأثير الشمس علينا يبدو في أعظم حالاته أثناء مرورها بالدرجة التاسعة عشرة من برج الحمل، في حين يكون هذا التأثير في أضعف حالاته عند الدرجة التاسعة عشرة من برج الميزان، فإن دقة النظرية الكوبرنيكية الأكثر تفوقًا بدرجة طفيفة من الممكن أن تقلِّص من احتمال اعتزامنا إقامة حفل زفاف صباح يوم الخميس بينما كان من الواجب علينا أن نختار يوم الأربعاء بعد الظهر. تقول كوبرنيكوس يُنكر حركة الشمس؟ لا يهم. إننا نستخدم الأداة، لا صانعها (هل تتحرك الشمس؟ إن منجِّمنا الذي اقتبسنا عبارته لتوِّنا — والذي قد تظن أنه عام ١٨٠١ ربما يكون قد شعر بالانهزام — لا يزال يراوغ في تحدٍّ).

بحلول عام ١٥٧٥، يذعن ما يسمى ب «تفسير فيتمبيرج» لعمل كوبرنيكوس، الذي ابتدعه متخصصون بارزون من جامعة فيتمبيرج بميلانختون، للرياضيات الواردة في كتب كوبرنيكوس من الثاني حتى السادس، مع استمرارها في تحدي نظرية مركزية الشمس الواردة بالكتاب الأول. وعندما بدأ استخدام التقويم الجريجوري عام ١٥٨٢، كان تغيير السنة يعود بصورة جزئية لرياضيات كوبرنيكوس. الواقع أن معاوني كوبرنيكوس سوف يبالغون، حتى إنهم سوف يقولون إنه بفضل اكتشافه لطول السنة المدارية صار التقويم الجريجوري دقيقًا بهامش خطأ يُقدر بيوم واحد كل ثلاثة آلاف عام. هناك رؤية أخرى مختلفة للأجيال التي أعقبت كوبرنيكوس بشأن أعماله، حيث يقول لنا جيكوبسن إنه «لم يترتب على إقرار وجهة نظر مركزية الشمس أي تحسن مباشر يُعتد به ... والسبب الرئيسي لذلك أن الأبعاد وخطوط الطول، التي ظلت مبنية على المؤجلات الدائرية بدون موازِنات، كانت خاطئة على نحو محبط.» ومع بزوغ فجر القرن السابع عشر، زاد هذا العيب من عزيمة أولئك الذين يفضلون تفسير حماقات كوبرنيكوس التي تنادي بمركزية الشمس بروح أوزياندر.

يؤمن جاك بارزون بأن كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» «طرح تغييرًا مهمًّا بحق، غير أن هذا التغيير لم يكن هو ذلك التحول الثوري الذي يشاع خطأً أنه أحدثه؛ وإنما يتمثل في أن الكتاب طرح صعوبات جديدة، وأولئك الذين رفضوه لم يكونوا مجرد أشخاص جامدين يرفضون الأدلة.» غير أنه شيئًا فشيئًا، صار العمل السري لأتباع كوبرنيكوس يضم نشطاء وشخصيات معروفة وعلمانيين؛ إذ صارت الصعوبات الجديدة تُواجَه واحدة تلو الأخرى.

في الوقت الذي ألَّف فيه كوبرنيكوس كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، حملت خارطة الكون كما رسمها بطليموس عددًا من الرقع والجبائر يعادل ذلك المفترض أن تحمله جثة بطليموس لو أن عاشقًا للكمال ينتمي للقرن السادس عشر حاول أن يجعلها تسير. كان سبب وجود كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» هو التبسيط.

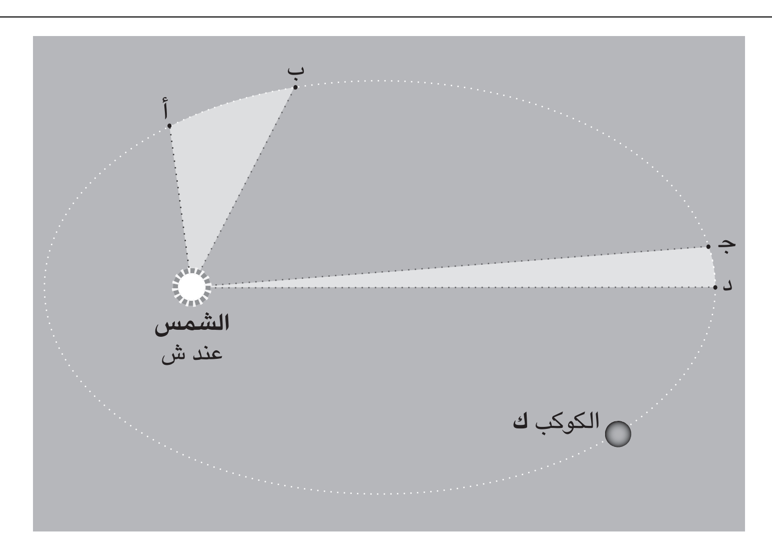
«إلا أنه في حالة كوكب عطارد يجب طرح عُشر الانحراف ...» ومع ذلك نجح كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» بقدر تبسيطه للأمور، وبلا هوادة. لقد أخفق بقدر تشبثه بحقائق مثل الدورانية الأبدية، التي ربما لا تدحضها «الظواهر» تمامًا (حيث كانت هذه حدود المشاهدة قبل تيكو براهي)، لكنهم بالتأكيد لم يبرهنوا عليها كذلك. ويقرُّ كوبرنيكوس قائلًا: «سوف يكون لزامًا علينا أن نفترض وجود حركات غير منتظمة ومصوبة في مواضع أخرى مثل الاختلافات في السرعة، وأن نوظِّفها في الشروح.»

وتشكو موسوعة القرن العشرين الفلكية من أن «نظريته الكوكبية لم تتمكن من إيجاد القيم المرصودة بأي قدر من الدقة يفوق النظريات القديمة.» غير أنه حتى المنجمون، الذين كانت عدم مركزية الأرض تمثل بالنسبة لهم لعنة، يتبنَّون نظامه؛ وذلك لقدرته التنبئية. وعلى حين غرة، صارت الكوبرنيكية معروفة ومشهورة! ففي عام ١٦١٩، يصوِّر رسام الخرائط العظيم بلو المنظومة الكوبرنيكية في خارطة لكوكبنا الذي نعيش عليه …

## تتمة انحراف عطارد

لو جاز لنا أن نصف ما يُعرف بالثورة الكوبرنيكية في إيجاز، فلربما عبَّرنا عنها على النحو التالي: لقد نمت تلك القدرة التنبئية حتى صارت لا تقاوم. أما فلك بطليموس فمن جانبه كان يحاول عبثًا تغيير هذا التنبؤ أو ذاك، وكانت آراؤه تفاعلية فحسب. لقد جُمع بين تقريب كبلر المتميز للمدارات الكوكبية — مسارات على هيئة قطع ناقص يعبُر من خلالها كل جرم سماوي مساحات متساوية في أزمنة متساوية — وافتراضات كوبرنيكوس بمركزية الشمس؛ من أجل تفسير التباينات المحسوسة والواقعية في سرعة الكواكب ببراعة فائقة، حتى إنه لم تعد هناك حاجة على الإطلاق لأفلاك التدوير والموازنات. لقد عادت قاعدة شفرة أوكام لتعمل من جديد؛ ففيم الحاجة لرسم دوائر تدور حول دوائر لو كان في مقدورنا الاستغناء عنها؟

بمجرد أن أدخل نيوتن قاعدة كبلر في قانون التربيع العكسي العام الذي لا يزال أكثر فعالية (تتناسب قوة الجاذبية عكسيًّا مع مربع المسافة)، صار من الممكن أن نبين لماذا كان تقريب كبلر ليس سوى عملية تقريب وحسب: فكل قطع ناقص تشوه بفعل تأثير جاذبية الكواكب المجاورة! وأدت دراسة تلك التشوهات إلى ما أسماه توماس كُون «واحدًا من أعظم انتصارات علم الفلك»: ففي عام ١٨٤٦، اكتُشِف كوكب نبتون عن طريق رياضيات تنبئية بحتة. ولم يكن في مقدور منظومة بطليموس مطلقًا أن تحقِّق هذا.




**شكل ١٩:** القانون الثاني لكبلر: مساحات متساوية في أزمنة متساوية.

صارت مدارات الكواكب أخيرًا على هيئة قطع ناقص! هل يمكن حفظ ولو النزر اليسير من أي حركة دائرية منتظمة؟

يقر كبلر بأن الكوكب «ك» يسرع الخطى ويبطئ أثناء دورانه حول مركز الشمس «ش». غير أن الزاوية «أ ش ب» تحتل نفس المساحة التي تحتلها الزاوية الأطول والأضيق «ج ش د»؛ ومن ثم، فإن على «ك» أن يعبر القوس «أ ب» في نفس المقدار الزمني الذي يعبر فيه القوس «ج د»، ومن ثم تصير سرعة «ك» عند القوس «أ ب» أكبر منها عند عبوره القوس «ج د»، وسرعان ما سيصير لتلك الظاهرة تفسير أصيل هو: الجاذبية.

لكن كل هذا حدث في بطء شديد! فعندما اكتشف السير ويليام هيرشل (والد هيرشل الذي أشرت إليه كثيرًا في هذا الكتاب) كوكب أورانوس عام ١٧٨١، كان ذلك بالمصادفة …

## عودة للتنقيب عن الحديد

دعونا نتفاءل ونقُل إن هذا حدث ليس فقط بفضل القصور الذاتي الفكري، سواء في حالة الحركة أو السكون، ولكن أيضًا لأنه لا يوجد في العلم شيء اسمه طريق مسدودة؛ أو ربما وجب عليَّ القول: إن الطرق المسدودة تنقل معلومات. إننا نعيش ونفكر داخل

متاهة حلزونية، وكلما انتهى أحد منعطفاتنا بحائط مسدود، تزداد معرفتنا بدروب المتاهة أكثر وأكثر. فالتنجيم والخيمياء وبيولوجيا ليسنكويست وأفلاك بطليموس جميعها علَّمتنا شيئًا. ومعظم أعمال بطليموس وكوبرنيكوس وكبلر التي أشرت إليها في كتابي هذا يضمها جميعًا مجلد واحد، هو جزء من الكتب العظيمة لسلسلة «العالم الغربي»؛ وهي بالمفهوم شديد الواقعية «بمنزلة» مجلد واحد. في هامش ما تعقيبًا على مناقشة لمسألة أفلاك التدوير والموازنات الواردة في كتاب «المجسطي»، يعلِّق المترجم بقوله: «تلك النقاط الثلاث — مركز الموازن ومركز المؤجل ومركز المسار الكسوفي — مع وجود مركز المؤجل في منتصف المسافة بين النقطتين الأخريين، عن طريق عملية التحول الكوبرنيكي، تصبح معبرة عن البؤرتين ومركز قطع كبلر الناقص مع الاحتفاظ بنفس النسب تمامًا.» إن الحقيقة القائلة إن النسب محفوظة تصيبني بالذهول. كيف إذن يمكننا القول إن بطليموس كان على خطأ؟ ما حدث ليس أن كوبرنيكوس طرح ما قاله بطليموس في كومة النفايات، ثم تخلَّص كبلر بالمثل من أطروحات نيوتن في سلة المهملات، لكن ما حدث شيء مختلف تمامًا، شيء غريب، وجميل، بل وربما روحاني.

في مستهل كتابي هذا طرحت رأيًا يقول إن التقليب في ركام كنوز الماضي لن يضرنا في شيء. أنا وأنت — عزيزي القارئ — قلَّبنا معًا في الكثير والكثير من ركام الماضي، وإني لآمل أن تكون قد توصَّلت إلى قناعة، مثلما توصلتُ أنا، إلى أن كل شيء يحتفظ بقيمة ما، مهما علاه من صدأ وفقد مصداقيته.

مثال ذلك، وبتعبير السير جون بول: «تلاشت الصعوبات الجمَّة التي أحاطت بالتصور الرهيب للقبة السماوية؛ إذ لم تعد النجوم يُنظر إليها على أنها موضوعة على مسافات متساوية من كوكب الأرض.» لكننا رأينا أن البحارة مستمرون في استخدام القبة السماوية حتى يومنا هذا؛ لأن افتراضاتها تبسِّط عمليات الملاحة. يكتب أحد الفلكيين إليَّ قائلًا إنه هو أيضًا يستخدم القبة السماوية أحيانًا؛ «لأنه في استطاعتنا قياس موقع جرم ما باستخدام بُعدَيْن (أي الموضع الذي يظهر فيه من القبة) بصورة فائقة الجودة، مع أن قياسات المسافات لدينا لا تزال بدائية للغاية بالمقارنة.» في هذه الأثناء يحتفظ كبلر بمفهوم كرة النجوم الثابتة، معتبرًا إياها «نوعًا ما من بشرة الكون» أو مرة أخرى «القاع الذي» «يجري فيه نهر أشعة» الشمس، حتى وإن كان يرفض في نهاية الأمر فكرة أن الأفلاك لها وجود مادي؛ إذ إن عمليات الرصد التي أجراها تيكو للمذنَّبات برهنت على أن تلك الأجرام تعبر الحدود المفترضة للأفلاك؛ وعلاوة على ذلك، فإن تلك التعرجات المحيرة

المتجهة للخلف لمدار كوكب المريخ تتطلب من فلك المريخ أن يكون في وضع تقاطع مع فلك الشمس. فلماذا إذن كان في حاجة لكرة النجوم الثابتة؟ ربما كان دافعه لذلك أنه فلكي يتبع النصوص المقدسة. إنه في حاجة لنوعه الخاص به من البساطة.

فماذا عن مركزية الأرض؟ حتى ذلك المبدأ لا يزال قائمًا بقدر ما نعتبر أن «الأرض ربما تكون جزيرة هاواي وسط كون من مناطق أشبه بسيبيريا.» وهذه البساطة تحمل في طياتها حقيقتها الإنسانية الخاصة بها، سواء تبيَّن أنها صحيحة علميًّا أم لا. إذا كان باستطاعتنا الاعتزاز بكوكبنا بالرغم من عيبه، وهو عدم كونه في مركز الكون، أفلا يمكننا استعادة بعض مما فقدناه بعد أن توقفنا عن الإيمان فعليًّا بمركزية الأرض؟

ولماذا يواصل جاليليو الإصرار على مدارات تامة الاستدارة؟ وماذا عن كل الدوائر الخاطئة الواردة في صلب هذا الكتاب؟ أليست هراءً؟ إن هيرشل يصف نظرية كوبرنيكوس بأنها «مفهوم نظري هندسي أكثر منه نظرية فيزيائية، بقدر ما تفترض بأسلوب مبسط الحركات المطلوبة.» لا توجد جاذبية؛ لقد ذكرت ذلك مرارًا وتكرارًا؛ ثم هذا السخف المسمى بالحركة الدائرية المنتظمة، لا «يوجد» زخم منتظم لدورات الأجرام السماوية. لكن الوضع مختلف في حالة «الزخم الزاوي»، الذي من الممكن تعريفه بالنسبة للمركز «أ» (وهو في هذه الحالة، الشمس) الذي تدور الكواكب من حوله، بأنه:

$$\vec{J}_a = \vec{p}\vec{D}$$

حيث $\vec{J}_a$ قوة متجهة (تسير عمودية على مستوى الشمس)، و$\vec{p}$ هي متجه الزخم (ويتحلل الزخم إلى كتلة الكوكب مضروبة في سرعته المدارية)، في حين أن $\vec{D}$ هي المسافة الخطية من الشمس إلى الكوكب في الاتجاه $\vec{p}$.

ويظل الزخم الزاوي ثابتًا إذا أثرت قوة واحدة فقط على الجرم السماوي المقصود، وعندما تظل تلك القوة موجهة صوب الشمس. ومقولة كبلر «مساحات متساوية في أزمنة متساوية» تعني ببساطة أن الزخم الزاوي حول الشمس ثابت.

من زاوية معينة، ما أشار إليه كوبرنيكوس في كلمة إهداء كتابه للبابا باعتباره «المبدأ المقدس لانتظام الحركة» لا يزال قائمًا؛ كل ما هنالك أنه جرى توسيعه وتلخيصه على يد كبلر أولًا، ثم تعميمه على يد نيوتن ليصبح شيئًا أكثر توافقًا مع الظواهر، حتى وإن كان أقل وضوحًا لحواسنا، التي تصرُّ على أن الكون كله يدور من حولنا.

## لكن الكون صرخ

يكفينا هذا؛ فالاستغراق كثيرًا في هذا المشهد يُحدِث نوعًا من التشوش.

أرجو اعتبار كتابي هذا حتى هذه اللحظة مجرد مقدمة. لدينا الآن معلومات كافية لرسم شكل تخطيطي، مهما كان بسيطًا وبديهيًّا، للقوى الموجهة التي عملت طيلة كتاب «عن دورات الأجرام السماوية». وفي الفصل التالي والأخير، سوف نروي القصة، ليست قصة كوبرنيكوس أو الثورة الكوبرنيكية، بل قصة المبادئ الكوبرنيكية.

# الحرق

... حدود التنظير الصحيح هي ذاتها حدود بنيان الكون؛ غير أن الديانة المسيحية فرضت بعض الأسوار حول التنظير الخاطئ ... حتى لا يندفع الخطأ دون أن يجد ما يوقفه.

كبلر (١٦١٨–١٦٢١)

## الكواكب المديشية

خلال «الساعة الأولى من الليل»، في يوم من أيام الشهر الأول من العام الميمون ١٦١٠، لاحظ جاليليو (وذكر عبارة قال فيها: «حيث لم ألحظ من قبل، بسبب ضعف أدواتي في السابق») أنه بجوار كوكب المشتري «هناك ثلاث نجيمات صغيرة، صغيرة حقًّا، لكنها شديدة اللمعان. وبالرغم من اعتقادي أنها من بين مجموعة النجوم الثابتة إلا أنها أثارت فضولي قليلًا؛ إذ كانت تبدو واقعة على خط مستقيم تمامًا موازٍ للمسار الشمسي، ولكونها أكثر بهاءً وروعة من الأخريات اللواتي في مثل حجمها.» وعلى مدار الليالي القليلة التالية، تغيَّرت مواقع تلك النجيمات، وكذا أعدادها، غير أنها لم تبتعد قط عن مضيفها، «مصاحبة لذلك الكوكب في كلٍّ من حركاته القهقرية والمباشرة في وتيرة ثابتة»، وهذا ما «يجعل المرء لا يرتاب للحظة أنها تكمل دوراتها حول المشتري وفي نفس الوقت تصنع جميعها حول مركز الكون دورة تقدر باثني عشر عامًا.»

ويستغل جاليليو «الكواكب المديشية» الأربعة تلك التي اكتشفها (اكتُشِفت تسعة وخمسون أخرى من تلك الكواكب حتى وقت كتابة هذه السطور؛ ثلاثة وعشرون من بينها رُصدت عام ٢٠٠٣) لدحض منتقدي كوبرنيكوس الذين «أزعجهم كثيرًا أن القمر

وحده هو الذي يدور حول الأرض ... فقد اعتقد البعض أن بنيان الكون على هذا النحو لا بد أن يقابل بالرفض باعتباره أمرًا مستحيلًا.»

نحن معشر المعتقدين في مركزية الأرض قد نريح أنفسنا بفكرة أن المدارات المحلية لتلك الكواكب المكتشفة حديثًا على الأقل تؤيد اعتقاد بطليموس — وكوبرنيكوس — في أفلاك التدوير، ولكن حتى إذا كان من الممكن حفظ المواءمات الهندسية التقليدية، تبقى حقيقة تقول إن دورات الأجرام السماوية لا يُشترط أن تكون متراكزة! وهكذا فإن اكتشاف أقمار المشتري تصبح الجرح التالي الذي أصاب كوننا العتيق المثالي، الذي كانت أفلاكه يومًا ما تدور في دأب حولنا وحول مصيرنا.

حتى الآن، يبدو استنتاج بطليموس أن الأرض «الكروية إلى حد معقول» التي لا تتحرك وتقبع في المركز الهندسي للسماوات، التي هي «كروية وتتحرك على هيئة كروية» يحقق التوافق على نحو جيد بين النظرية والحس العام. أما كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، فهو ليس فقط أقل تميزًا، بل أيضًا أقل وضوحًا من كتاب «المجسطي»؛ فالحس العام لم يسانده قط. لكن كيف يمكن لبطليموس أن يدافع عن تلك الحركات غير المتفقة بلا ريب مع مركزية الأرض التي تصدر عن أقمار المشتري؟ لقد تقلصت — كما ترى — حدود المشاهدة.

ذات مرة كتب بطليموس يقول: «الآن استخدمنا الأشياء المبينة في السابق فيما يختص بالشمس كما لو كانت لا تُظهر أي تزيح محسوس، لا لأننا لم نكن مدركين أن تزيُّحها عندما يُحسب لاحقًا سوف يصنع اختلافًا ما في تلك الأمور، ولكن لأننا لم نظن أن هناك أي خطأ ذي شأن يمكن أن ينتج عن هذا فيما يتعلق بالظواهر.» دعونا نجعل فكرته الشاعرية بداية لحكاية رمزية. والآن جاء المستقبل الذي تحدَّث عنه وبدأ كل شيء يُحسب، وتبيَّن أن الزلات الطفيفة التي لا ضرر منها لها وزنها. هذه خاتمة الرواية. من ذا الذي كان يظن هذا؟ إن نفس المصير سوف يلحق بكوبرنيكوس كذلك.

كم نحن جبناء ونحن ننفي المركزية عن أنفسنا! إن كوبرنيكوس يحتفظ بإيمانه بأن الأرض تظل في غاية الأهمية للكواكب المجاورة لنا، حتى إن الحركة الأرضية «تربط بين ترتيب وحجم الدوائر المدارية لتلك الكواكب في انسجام رائع وتكافؤ لا ريب فيه» (ما حجم التقدير الذي تعتقد أنه علينا أن نمنحه لكوكبنا الضئيل لكونه السبب في الشكل الذي عليه مدار كوكب المشتري؟) تذكَّرْ تيكو، الذي لم تتمكن السنوات الطويلة التي أمضاها في الرصد من إقناعه بالتخلي عن إعادة الأرض إلى مركز كون كوبرنيكوس. ولِمَ

لا؟ كوبرنيكوس ذاته لم يستطع أن يمضي لأبعد من هذا: «لنفترض أن مركز العالم» — وهو ما يعني مركز الكون — هو «النقطة ف»، و«ف» في الغالب عند الشمس. في عام ١٦٢١، لن يتمكن كبلر العظيم إلا من ترك مركزية الأرض متقهقرة إلى الوراء بالقدر الكافي بحيث يسلط الضوء على «بنية الكون بأكمله» مع «وجود الشمس في مركزه»، وهو وضع يدافع عنه بالإشارة إلى الفلك الوارد بالنصوص المقدسة: الشمس والنجوم والكواكب في الفضاء الواقع بينها تعادل الأب والابن والروح القدس! الآن يعلمنا الفلك أن شمسنا إن هي إلا بقعة مجهولة من الغازات.

إننا ننظر إلى الكون بوصفه مكانًا مظلمًا شديد الاتساع تتناثر وسطه بقعٌ من النجوم والغبار. ولا يزال «عالَم» كوبرنيكوس، مثله مثل عالم كبلر، متمركزًا حول (نقطة عند الشمس أو بالقرب منها)، يستمد الألفة والحياة من أشعة الشمس: «إذ لما كانت الأجزاء الأخرى من العالم نقية ومملوءة بأشعة النهار، فإن هذا يبرر لنا القول إن الليل إن هو إلا ظل كوكب الأرض، الذي على شكل مخروط له نهاية مدببة.»

في يوم من الأيام، كان هذا الكون مكتملًا؛ كان «كوننا». إننا نعلم من النصوص المقدسة أن الرب «يمنحنا الشمس كي تضيء لنا نهارًا، والنظام الثابت للقمر والنجوم كي يضيء لنا ليلًا.» بقوة هذه الكلمة، وبمنطق كتاب «المجسطي»، لن يتغير فلك القمر أبدًا إلى يوم القيامة، ولكن في تلك الحقبة غير السارة التي أعيشها وأكتب فيها، يعلن المتخصصون الذين نفتقر إلى الثقافة التي تمكننا من الحكم على إجراءاتهم، أن قمرنا يبتعد تدريجيًّا عنا! لا يوجد نظام ثابت لأي شيء؛ ولهذا السبب يصرخ لوثر قائلًا: «هذا الأحمق يريد أن يطيح بكل الفن الذي يحويه الفلك! ولكن مثلما بيَّن الكتاب المقدس، فلقد أمر يوشع بن نون الشمس بأن تتوقف وليست الأرض.»

مسكين كوبرنيكوس! كم يمقته البروتستانت! يقول فيليب ميلانختون: «على الحكام المتمتعين بالحصافة أن يكبحوا ذلك الفسق الذي ينتاب العقل البشري.» ويقال إن كالفن شهَّر به على النحو التالي: «من ذا الذي يخاطر بوضع سلطة كوبرنيكوس فوق سلطة الروح القدس؟» (غير أنني لا أستطيع أن أتثبَّت من أعمال كالفن من موطني المنعزل الذي يشبه فارميا؛ وهناك مرجعية أخرى تؤكد لي: «كالفن الذي لم يسمع قط عن كوبرنيكوس، لم يتخذ أي موقف تجاهه».)

في يوم من الأيام، قد يتباين طول أيامنا وليالينا من فصل إلى آخر، غير أن الدورة تعيد نفسها دومًا. يقول لنا هؤلاء المتخصصون أنفسهم إن هذه الدورة يعتريها قصور

فيما يتعلق بحالة الكمال الثابت، وإنها بالفعل تغيرت قبل هبوط أول رجل وامرأة على سطح الأرض بزمن طويل بعد أن أكلا من الشجرة المحرَّمة: كانت فترة دوران الأرض حول نفسها إحدى وعشرين ساعة يوميًّا في العصر الكمبري. ويومًا ما ستصير ستين يومًا.

«كل شيء» الآن أرضي؛ كل شيء يتسرب من بين أيدينا ويذوي، ونحن نعتبر ذلك أمرًا طبيعيًّا. يستنتج أحد مراجع الفلك الصادرة في أواخر القرن العشرين، وقد امتلأ بروح أرضية أنه: «مع أن الفلسفة التي تعتبر الجنس البشري كائنًا ثابتًا ذا ديمومة يعيش في بيئة لا تتغير، قد تكون ملائمة من الناحية العملية لفترات قصار كأعمار البشر أو قرون من الزمان، فإن فلسفة كهذه لا يمكن الدفاع عنها بالمقياس الكوني.» ما الذي كان سيصنعه رجال الكنيسة الذين كرهوا كوبرنيكوس من قبل حيال ذلك الأمر؟

ما الذي قوَّض العقيدة الدينية؟ هذا هو السؤال الذي يطرحه الفيلسوف إميل إل فاكنهايم. وهو يجيب عن السؤال الذي طرحه هو نفسه بالإجابة التالية: «قد يقول معظم الناس: العلم الحديث. إن القصة تبدأ بكوبرنيكوس، الذي يبيِّن لنا أن الأرض ليست سوى واحدة من العديد من النجوم [حسب تعبيره]؛ واستكمل داروين القصة ... لتبلغ ذروتها مع مجيء فرويد ...»

أما جاك بارزون، فمن جانبه يرى أن كوبرنيكوس صنع بنا معروفًا؛ لأنه أزاحنا عن مركز الكون، «عندما كان الناس يعتبرون أنفسهم مخلوقات عاصية بائسة تخاف من ربٍّ غاضب.» وفي صورة أكثر تفاؤلًا من تلك، يرى أحد فيزيائيي بدايات القرن العشرين في مقصد الثورة الكوبرنيكية «النصر النهائي للميكانيكا السماوية، نصرًا سلب الكواكب هيمنتها التي طال أمدها على حياة البشر.» ولكن حتى لو كان أولئك الناس على صواب، وكانت الآراء المعنية بالكون القديم متصلبة، بغضِّ النظر عن خبثها من عدمه، فهي على الأقل كانت آراءً. الآن بدأنا نخشى أن تصير «سماء السلطة من فوقنا» التي تكلَّم عنها أوجستين خاوية. ماذا لو اختفى الإله؟ وقد كتب نيتشه يقول بعد حوالي أكثر من قرنين من اكتشاف جاليليو لأقمار المشتري: «مات الإله.»

ماذا لو كان الفضاء عبارة عن خواء في الأساس، وكانت الذرات التي صُنعنا منها عبارة عن فضاء خاوٍ؟ ليس بمقدورنا احتمال هذا الأمر (وهنا أُورِد عبارة من «موسوعة القرن العشرين للكاثوليكية» تقول: «إننا الآن نعلم أن الشمس، النجم الذي تدور في فلكه الأرض والكواكب، تُشكِّل جزءًا من منظومة هائلة من النجوم التي تُعرف باسم المجرة»). واستنادًا إلى هذا الاحتمال، يؤكد كبلر في استماتة: «الشمس هي الجرم الرئيسي للعالم بأكمله.»

## كوبرنيكي في إصرار

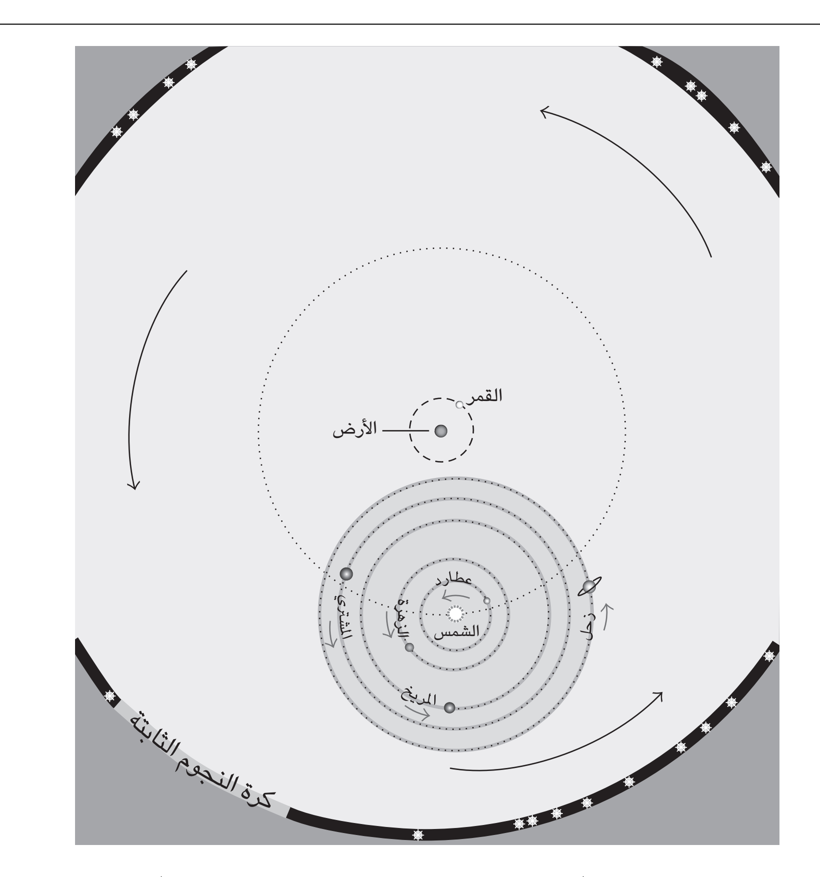
إن الكون يصرخ، غير أنه سوف يدافع عن نفسه، خاصةً عن طريق البابا الجديد، أوربان الثامن، ونوابه الذين يعتبرهم أحد المؤرخين الأكثر مني سخاءً «أول ضحايا عصر العلم الذين انتابتهم حالة من الحيرة.» أولًا — وأخيرًا وعلى نحو يمكن التكهن به — هو ينكر الجرح ويرفضه. في لايدن، نشر بيتر دي بيرت كتابًا عام ١٦٠٤ يضع فيه الأرض الساكنة التي لا تتحرك في مركز الكون. ويخبرنا البعض بأن كراكوف وأكسفورد وسالامانكا فقط هي المدن التي لا تقف في معارضة صريحة للمنظومة الكوبرنيكية. وربما كانت تلك القائمة من المدن مبالغًا في طولها أيضًا؛ إذ إنه في عام ١٥٨٣، وبعدها من جديد في العام التالي، عندما تجرَّأ قارئ مثير للجدل مهتم بقراءة الكتب المحرمة يُدعى جوردانو برونو (الدليل على أنه خطر داهم يتهدد كوننا المتمركز أنه حُرِم من دخول الكنيسة ليس من قبل الكاثوليكيين فحسب، وإنما من قبل الكالفنيين أيضًا) على إلقاء محاضرة عن الكوبرنيكية في أكسفورد، سرعان ما شرع هو ومستمعوه في الصياح بعضهم في بعض. نعم، ظل الكون صامدًا، وظلت الأرض دون حراك في أكسفورد.

كان الشاب تيكو براهي قد اكتشف منذ زمن طويل أن التنبؤات الكوبرنيكية تطغى على دقة الجداول الألفونسية العتيقة. وكما رأينا، فإنه يفتقر إلى وسيلة لقياس التزيحات النجمية التي تحتاج إليها نظرية كوبرنيكوس؛ لهذا، وتشبثًا بهيكل الكون القديم الذي تحوَّل إلى أطلال، يطرح أن بعض الكواكب ربما كانت تدور حول الشمس، وأن الشمس وكل ما عداها تواصِل الدوران حول الأرض.

بالنسبة لنا، يبدو لنا نظام تيكو اصطناعيًّا مثل أنف تيكو نفسه، الذي كان مصنوعًا من الكهرمان عوضًا عن الأنف الطبيعي الذي قطعه سيف أحد محترفي المبارزة؛ ومع ذلك، فإنه يؤدي مهمة «تفسير الظواهر» بنفس الإتقان الذي حقَّقه كوبرنيكوس. لا ريب أن عددًا منا ممتنون لحدود المشاهدة التي جعلت نظام تيكو مقبولًا لسنوات عديدة أخرى. سوف يحتفظ قلة من الأتقياء بإيمانهم بمركزية الأرض حتى مرور قدر معتبر من القرن التاسع عشر.

إن الكون يصرخ، غير أن الهجمات عليه لا تزداد سوى حدة وشراسة. ومع أن نسخ الطبعة الأولى من كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» لم تُبَع بالكامل قط، وهي تلك التي مهرها أوزياندر بخاتمه الحصيف في نورنبرج، يبدو أنه لم يكن هناك مهرب منها؛ إذ

أُعيد نشرها في بازل عام ١٥٦٠، ثم مرة أخرى عام ١٦١٧ في أمستردام. ويرفع جوردانو برونو، الذي كان من المفترض عليه الآن أن يتعلم فضيلة الصمت، الغطرسة الكوبرنيكية إلى القمم الفلكية متجاوزًا كرة النجوم الثابتة عندما يعلِّق بقوله: إن مقدمة أوزياندر لا يمكن أن يكتبها إلا أحمق جاهل من أجل خاطر حمقى أغبياء آخرين. أو بمعنى آخر: إن الأرض تتحرك بالفعل!




**شكل ٢٠:** كون تيكو براهي (مقياس الرسم: مماثل لمقياس رسم كوبرنيكوس).

لا تزال الحركة الدائرية المنتظمة هي المفترضة. أفلاك التدوير واللاتراكزية، وغيرها، غير مبينة بالشكل.

إن برونو يطالب بخلع صفة حرفية النص المقدس على كوبرنيكوس. فأين إذن ستوضع النصوص المقدسة؟

يكتب المؤرخ دوجا قائلًا: «لقد كان موقف برونو راديكاليًّا قدر الإمكان؛ فهو دمَّر العالم الأرسطي تمامًا وأفسح المجال لعلم جديد، لم يؤسِّسه هو بنفسه، ولكنه تنبَّأ به.» إذا لم يكن هذا التعبير واضحًا بما يكفي، فدعوني أقتبس من نفس المصدر: «كان برونو كوبرنيكيًّا في إصرار.»

الفارق الذي غالبًا ما يشار إليه هو أن كوبرنيكوس دأب على القول إن الكون متناهٍ؛ في حين كان برونو يقول إنه لامتناهٍ. لا عجب أن الكنيسة سلَّطت غضبها المكبوت على برونو.

في عام ١٥٨٩ حُكم عليه للمرة الثالثة بالحرمان الكنسي، وهذه المرة على يد اللوثريين المخلصين بمدينة هيلمشتيد، وفي عام ١٥٩٠ رُفِض طلبه الإقامة في فرانكفورت، وفي عام ١٥٩١ يغريه أحد النبلاء الرومان بالعودة إلى إيطاليا ثم ينقلب عليه، وفي عام ١٥٩٢ تبدأ محاكمته بتهمة الهرطقة في مدينة البندقية. وقام ديوان محكمة التفتيش بتسليمه إلى روما، ريثما يجري إعداد التهم التي ستوجَّه إليه بتدقيق شديد — كما ترى، نحن منقذي المركزية لا نقلُّ إجادة عن العلماء! — على مدى السنوات السبع التالية. ويدينه البابا. وفي الثامن من فبراير من عام ١٦٠٠ يقول للمحققين قولته الشهيرة: «لعل خوفكم من إصدار الحكم عليَّ أعظم من خوفي من تلقِّيه.» وبعدها بتسعة أيام أحرقوه على الخازوق، بعد أن شكموا لسانه بلجام حتى لا تؤذي صرخاته الأخيرة أسماع الكون بعد ذلك.

### «كم كانت ستبلغ سعادتك!»

اندفع جاليليو، وقد غاب عن إدراكه التحذير الضمني الوارد بمقدمة أوزياندر، في نفس الاتجاه الحرفي مثلما فعل برونو: «أوه، نيكولاس كوبرنيكوس، كم كانت ستبلغ سعادتك لو رأيت ذلك الجزء من منظومتك مدعومًا بهذه التجارب الواضحة وضوح الشمس!» كان ينبغي عليه أن يقول كم كان سيبلغ «هلع» كوبرنيكوس، وكم كان سيبلغ هلعه هو شخصيًّا …

معروف عنه أن جاليليو اتصل بذلك المخرِّب الخطير الآخر — وأعني به كبلر — واعترف له أنه من مؤيدي كوبرنيكوس. لا لم يَفُتْه أي تحذير؛ ففي خطاب وجَّهه إلى كبلر أقرَّ بخوفه …

ثم يكشف تليسكوبه النقاب عن الفوهات الصدمية للقمر، أو البقع الشمسية. لقد قيل إن «كوبرنيكوس عثر على حجته الرئيسية التي دعته لإعادة تنظيم الكون في تناغمه المفترض.» لكن انظر إلامَ قادنا ذلك التناغم! لقد ساد الخوف بين الناس من عواقب الهرطقة في كل مكان. ولا عجب أن كثيرين جدًّا يرفضون النظر من خلال عدسة جاليليو. ولا أظن أن بندول فوكو كان موضع ترحيب، هو الآخر.

### «لا تزال القيم الحديثة الظهور في حاجة لتبرير فكري»

كتب كبلر، عام ١٥٩٣، رسالة بحثية عن القمر والأرض الدوارة، وطلب أحد زملائه الطلاب الإذن من هيئة التدريس والإدارة في توبنجن بعقد مناظرة حول هذا الموضوع. وتأييدًا من جانب اللوثريين الأتقياء للكون على حاله، أنكروا ذلك الطلب. ولم يمضِ وقت طويل بعدها، حتى حظروا نشر الفصل الأول من أول كتاب يؤلفه كبلر بعنوان «الغموض الكوني»؛ لأنه يعارض تفسيرات الكتاب المقدس المناهضة للنظرية الكوبرنيكية.

وهكذا تمضي سيرة مهنية أخرى حسبما هو متوقع. ففي عام ١٦٠٥ يقبل كبلر أخيرًا ما تفرضه الضرورة الحتمية، ويفترض المدارات التي على هيئة قطع ناقص، ولكنه مثلما فعل كوبرنيكوس من قبله، يؤجل النشر. وفي عام ١٦١١، يجد نفسه مستبعدًا من كرسي الأستاذية بجامعة توبنجن؛ لأنه من الجائز جدًّا أن «يثير قدرًا كبيرًا من الاضطراب بالجامعة»، أو، حسبما قيل على نحو أكثر مداهنة (في موضوع عن واحد من السابقين على كوبرنيكوس، هو نيقولا أوف كيوزا): «العناصر التقليدية والمتحفظة الآتية من العصور الوسطى التي لم تنتهِ بعدُ تلتقي، وغالبًا ما تصطدم، بقيم حديثة العهد لا تزال في حاجة لتبريرٍ فكري.»

كم مرة عليَّ أن أذكر تلك النقطة، وبكم أسلوب، حتى تصبح مفهومة عاطفيًّا، ليس من أجلك وحدك، عزيزي القارئ المجهول، وإنما من أجلي أنا أيضًا؟ كيف يمكننا أن نأمل في الإحساس بذلك الكون الآخر الذي أسهم كوبرنيكوس في تدميره؟ إننا لم نَعِش فيه قط؛ ويصعب علينا تخيله. «الإنسان هو مقياس كل شيء.» أي فيزيائي وأي كيميائي أو عالم أحياء يمكنه ممارسة تخصصه اليوم بناءً على تلك الشروط؟ يحكي أحد المؤرخين المنتمين لعصر المسيحية الرمزية الأول أنه ذات يوم من الأيام، «كان الكون برمته ... يتكوَّن من آيات ربانية، أو كان من الممكن أن يصير آية ربانية.» ولا تزال لدينا حرية تخيل ما تخيله القديس ديونيسيوس الأريوباغي الزائف قبل مجيء كوبرنيكوس بألف

عام: وميض البرق واللهب، المجهولين، اللذين لا يوصفان. تلك الأمور موجودة بالفعل، في المستعرات العظمى والثقوب السوداء، في الفضاء الشاسع للكون الذي لم يستكشف بعد. بالنسبة لي هي كافية، أما بالنسبة للأساتذة المثقفين بجامعة توبنجن، كيف يمكن أن تكون كافية؟ وأين كان نظامهم المتوازن القائم على مركزية الأرض؟

في عام ١٦١٩، يدرج كتاب كبلر بعنوان «خلاصة الفلك الكوبرنيكي» على لائحة الكتب المحظورة. هذا رجل حوكمت أمُّه بتهمة ممارسة أعمال السحر، حتى إنها أُدخلت إلى غرفة التعذيب. أوه، إنه، دون شك، غريب الأطوار؛ إنه خطير! وقد اعترف في خطاب خاص قائلًا: «جميع كتبي كوبرنيكية.»

### «عودة آمنة إلى أرض صُلبة»

استهللت كتابي المتواضع هذا برواية رمزية عن مقدمة أوزياندر، والآن أختتمه بها.

يمكننا أن نتخيل «علم الفلك الوارد بالنصوص المقدسة» ومبدأ مركزية الشمس على هيئة جرمين سماويين يدوران ويدوران حول شمس المجهول المشتركة بينهما: في بعض الأحيان يبلغان نقطة اقتران سفلي، وكان كوبرنيكوس محظوظًا للغاية؛ لأنه أنجز عمله في واحد من تلك الأزمنة؛ ولكن حركاتهما المدارية المتباينة تجذبهما حتمًا بعيدًا أحدهما عن الآخر، إلى أن يلتقيا أخيرًا من جديد عند نقطة الاقتران العلوي؛ التقى كلٌّ من برونو وجاليليو بمصيره المحتوم كلٌّ على حدة بسبب ذلك التصادف في الزمان والمكان، وبنفس القدر، بسبب تعصبهما لأفكارهما.

في عام ١٥٣٦، من الجائز أن الكاردينال نيكولاس شونبيج قدَّم عرضًا كريمًا بدعم نشر مؤلفات كوبرنيكوس، في حين أنه في عام ١٦١٢، يوجِّه باولو جوالدو تحذيرًا لجاليليو يقول فيه: «أما بالنسبة لهذا الشأن المتعلق بأن الأرض تدور، فإنني لم أجد في هذا الصدد أي فيلسوف أو عالم فلك مستعدًّا للتصديق على آراء سيادتكم، ناهيك عن عالم لاهوت؛ لذا أرجو أن تفكر جيدًا قبل أن تنظر في هذا الرأي بحسم؛ إذ إن الجدل قد يؤدي إلى إطلاق كثير من الأشياء يكون من غير الحكمة تأكيدها.»

أو بعبارة أخرى: فُرِضت علينا مقدمة أوزياندر، مثلما فُرض علينا القمر والنجوم، لسبب ما!

غير أن جاليليو واصل التأكيد على ما ليس من الحكمة توكيده؛ أما كوبرنيكوس فمن جانبه رفض بأدب طلب الكاردينال شونبيج. يا لهما من قصتين متضادتين يرويهما لنا هذان البطلان!

يرى أحد الفلكيين المعاصرين — وله تبريره الواضح — أن كوبرنيكوس «كان مطمئنًّا لفكرة نشر القيم المجدولة للمواقع الكوكبية، غير أنه كان أقل حماسًا بكثير لاحتمال استفزاز زملائه بنشر نظريات جديدة.» يقول البعض إن كوبرنيكوس لم يكن يخشى شيئًا أكثر من احتقارهم له؛ ويقول البعض الآخر إنه «يجب ألا نعتبر المزاج السائد في تلك الأيام أمرًا وهميًّا ... لقد كان كوبرنيكوس مدركًا تمامًا للأخطار المحدقة به.» أوه، أجل؛ لقد سار في حذر شديد خلال المنطقة المتنازع عليها! في عام ١٥٣٩، أعدَّ المتعاطف ريتيكوس موجزًا لأول ثلاثة أرباع من كتاب «عن دورات الأجرام السماوية»، فلم يكن يدعوه إلا بكلمة «أستاذي»، أو «السيد الدكتور»؛ بناءً على طلبه حسبما يجب أن نفترض.

من جانبه، لم يكتفِ جاليليو بإبدائه عدم الشعور بتلك الرهبة، وإنما أبدى كذلك «غضبه» الوقائي وكأنه ساخط بالنيابة عن كوبرنيكوس الذي غيَّبه الموت، والذي كان يسميه «سيدنا». إن الجدل قد يؤدي إلى إطلاق كثير من الأشياء يكون من غير الحكمة تأكيدها؛ لقد أنقذ أوزياندر كوبرنيكوس من تأكيد تلك الأشياء، غير أن باولو جوالدو لا يملك أي سلطة على جاليليو، الذي — في تصوره المسبق لما سيكون عليه شاهد قبره — يعلِّق قائلًا: إن كوبرنيكوس «صنع لنفسه شهرة خالدة وسط قلة من الناس، لكنه انحطَّ في عيون قطيع كبير من الناس (تلك هي الطريقة التي يوصف بها الحمقى)، فلم يجد بينهم سوى السخرية وتلويث السمعة.»

ومن ثم، من بعد كوبرنيكوس، تأهَّب جاليليو لتسديد طعنات جديدة للكون!

فهو لم يكتفِ باكتشاف البقع الشمسية؛ وإنما ما هو أسوأ من ذلك، فقد تتبعها، بما يبرهن على دوران الشمس حول محورها. حسنًا، هذا الأمر لم يقضِ على المركزية بعد؛ فبطليموس لم يمانع في أن تدور الأجرام السماوية حول نفسها في الوقت الذي تدور فيه من حولنا ...

ويتذمَّر جاليليو من أولئك «المتخمين بعناد الأفاعي» الذين يأبون النظر من خلال عدسات تليسكوبه. ألا يفهم أن مقاومتهم للرؤية من الممكن أن تحفظ حياته مثلما كانت الحال مع كوبرنيكوس؟

ويبعث الكاردينال بيلارمينو برسالة ودية إلى باولو أنطونيو فوسكاريني يقول فيها: «يبدو لي أن نيافتك والسيد جاليليو تتصرفان بحكمة عندما ترضيان نفسيكما من خلال

الحديث بصورة افتراضية وليس بصورة مطلقة، مثلما كنت دائمًا أفهم كوبرنيكوس عندما يتكلم.»

أو بمعنى آخر: كان يمكننا التعايش مع مركزية الشمس لو أنها اكتفت بإخفاء عُريها بمقدار ضئيل، مثلما تبرز منارة الكنيسة البولندية من خلف الضباب والأشجار فلا يُشاهَد سوى نصفها فقط.

ومع ذلك لن يصغي جاليليو.

إن محكمة التفتيش، بعدم اكتراثها بحقوق المتهمين، وبميلها نحو التهام الضحايا وأخذهم بمجرد الشبهات، يمكن وصفها وفقًا لأحد المؤرخين الذي قال إنها: «نظام يبدو بحقٍّ من ابتكار الأبالسة.» فيما يتعلق بقضية جاليليو ينبغي الإقرار بأنه حكم على نفسه بالإدانة مرارًا وتكرارًا، مرتكبًا دون كلل أو ملل خطيئة التحدث على نحو جازم ومطلق لا افتراضًا. وبهذا هم ينقذوننا منه.

عقب تحليل مجلدين من نصوص الأحكام التي أصدرتها محاكم التفتيش الرومانية والأبرشية خلال الأعوام من ١٥٨٠–١٥٨٢، يتوصل الباحث تيديسكي إلى أن ما يقرب من نصف تلك الأحكام صدرت في جمهورية البندقية، وما يقرب من نصفها لصالح العقيدة البروتستانتية، وأكثر من الربع بقليل كان بتهمة ممارسة أعمال السحر والشعوذة، ولم يصدر أيٌّ منها تقريبًا (١٠ من بين ٢٢٥) بتهمة «المعارضة». في إيجاز، مثلما نتوقع فيما يتعلق بالشئون الدنيوية، فإن المحلية تسود، ولا ينصبُّ أقصى اهتمام للعقوبات على الفنون السوداء وما شابهها من أشكال التخريب القصوى، وإنما على نسخة منافسة من نفس العقيدة. والآن، ماذا عن تلك الفئة التي تعدُّ من الأقلية، وهي فئة المعارضين؟ ربما تبدو تلك هي خطيئة جاليليو. هل كان تحدي السلطات نادرًا إلى هذه الدرجة في تلك الأيام؟

أوه، هو دون شك شخص نادر الوجود. كان كوبرنيكوس يهمهم لغيره من العلماء قائلًا: «مشكلتنا أن نعثر على القوس «ف ج» الذي يمثل نصف التراجع.» غير أن جاليليو يصرخ بأعلى صوته: «إن الأرض تتحرك!»

وهكذا توعَّدوه حتى يرتد عن الحقيقة:

> أُخطرت على نحو قاطع من قِبل المكتب المقدس أنني متهم بقوة بالهرطقة؛ بمعنى أنني أعتقد وأومن بأن الشمس في مركز العالم وهي ثابتة لا تتحرك، وأن الأرض ليست في مركز العالم وأنها تتحرك …

مبدأ شرير، مبدأ كوبرنيكي، يرتد عنه وهو راكع. ومستقبله: التحقير، الفزع، الإقامة الجبرية حتى الموت. لقد نجا الكون من الهلاك.

عام ١٦١٦ يكتب أنطونيو كويرينجو في رضًا، بمجرد سماعه لنبأ حظر كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» «لحين تصويب أخطائه» (سوف يُحظر كتاب كبلر «خلاصة الفلك الكوبرنيكي» بالمثل، بعدها بعامين): «إذن ها نحن أخيرًا، عدنا من جديد نقف على أرض صلبة، ولم نعد مضطرين للطيران معها مثل كمٍّ هائل من النمل الذي يزحف على سطح منطاد يطير ...»

# ملاحظات

## شروح: مقدمة أوزياندر والكتاب الأول، الأجزاء ١–٤

(١) نُصِحتُ بضرورة شرح هذه الرموز، التي ستستخدم في مواضع مختلفة فيما تبقى من هذا الكتاب. لمعرفة التقسيمات الفرعية لدائرة ما إلى درجات ودقائق قوسية وثوانٍ قوسية، انظر الجزء الذي نتحدث فيه عن التزيح. ويعبر عن الدقيقة القوسية بالعلامة «′»، وعن الثانية القوسية بالعلامة «″». وهكذا يكون مقدار ابتعاد المسار الكسوفي عن خط الاستواء السماوي ٢٧′ ٢٣°، أو نحو ٢٣٫٥°.

## ما كنا نؤمن به: علم الكونيات

(١) الوحدة الفلكية وحدة قياس مبنية على نصف قطر المسار الكسوفي. ومتوسط المسافة بين الأرض والشمس وحدة فلكية واحدة، أو نحو ١٥٠ مليون كيلومتر.

(٢) إليك حكاية أخرى تعدُّ مثلًا موحيًا لك: في القرن الثالث عشر، يجعل ألبرتوس ماجنوس كونه الفلكي مكونًا من ستة وعشرين فلكًا كرويًّا مؤجلًا، بينما يجعل كونه التنجيمي مكونًا من عشرة فقط.

## مدارات كوكب الزهرة

(١) يتشكل «المثلث الفلكي» للجرم السماوي «ت» من: (١) خط زوال الراصد (دائرة عظمى من أقرب قطب سماوي تمر خلال «سمت رأس» الراصد، وهي النقطة الموجودة

على الفلك السماوي الواقع فوق رأس الراصد مباشرةً)، (٢) «دائرة الساعة» نصف العظمى من نفس ذلك القطب السماوي عبر «ت» و«ك»، التقاطع مع خط الاستواء، عبر القطب السماوي الآخر، و(٣) الدائرة العمودية من سمت الرأس المارة بـ «ت». ومن ثم تتيح لنا هندسة المجسمات الكروية حساب طول واحد من تلك الأضلاع الثلاثة إذا علمنا طول الضلعين الآخرين.

(٢) يعلق أحد الفلكيين بقوله: «يبدو هذا الأمر أشبه بخلط التفاح بالبرتقال، أو بالأحرى: الأبعاد بالزوايا. وهذا أشبه بقول إن طولي ست أقدام مضافًا إليها ثلاث درجات.» والفلكي على حق. وهذا التعقيد — للأسف — يعاد تكراره في طول كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» وعرضه، وكذلك بطول كتاب «المجسطي» وعرضه. لقد استغرق الأمر مني وقتًا طويلًا أصابني بالحرج كي أفهم أنه لكي نحوِّل التفاح إلى برتقال، فإن كل ما أنا بحاجة لعمله أن أقسِّم كل مقياس مكوَّن من دقائق قوسية أو ثوانٍ قوسية على ٦٠ للحصول على النسبة الصحيحة: ٤٠,٤٢. لا عليك من غبائي. إن متوسط المسافة بين الأرض والقمر تحسب حاليًّا هكذا ٦٠,٢٧ مضروبة في نصف قطر الأرض عند خط الاستواء، ولكن ٤٠,٤٢ لم يكن الرقم النهائي الذي توصل إليه بطليموس، الذي يبدو أنه «الخط المستقيم «هـ أ» أو متوسط المسافة عند نقطتي الاقتران بالقمر»، بالضبط ٥٩ ضعف نصف قطر الأرض. هذا الرقم هو الأقرب للصواب.

(٣) دليل أواخر القرن العشرين الخاص بالإبحار السماوي ينصحنا بأنه لا داعي لتصويب التزيح لأيٍّ من جيراننا في المجموعة الشمسية باستثناء القمر.

## شروح: الكتاب الثاني

(١) الحقيقة أن بطليموس قاس القيمة فوجدها بين ٤٠′ ٤٧° و٤٥′ ٤٧°، في حين أن كوبرنيكوس — كما سنرى لاحقًا — حدَّد قيمة أدنى؛ ومن ثم اكتشف تغيرًا في ميل المسار الكسوفي. انظر ما سيلي عن ذلك.

## ما كنا نؤمن به: النصوص المقدسة

(١) «النصوص المقدسة صادقة حرفيًّا.» ومن ثم يدافع ذلك المتمرد الحماسي جاليليو عن آرائه الكوبرنيكية على النحو التالي: «رأينا أن النصوص المقدسة تتفق تمامًا مع

الحقيقة المادية المبينة. ولكن دعوا أولئك اللاهوتيين الذين لا يعملون بالفلك يقفون حماةً في مواجهة وصم النصوص المقدسة بالخطأ بمحاولتهم تأويل الأطروحات التي من الجائز أن تكون صائبة ومن المحتمل أن يثبت ذلك، على عكس ما تقول تلك النصوص.»

# التأريخ الزمني للأحداث

**حوالي ١٢٠ق.م:** هيبارخوس يكتشف المبادرة النجمية للاعتدالات.

**٣٨٤ق.م:** مولد أرسطو.

**٣٤٧ق.م:** وفاة أفلاطون.

**حوالي ٣٤٠–٣٢٠ق.م:** أرسطو يؤلف «الطبيعة» و«في السماء» وغيرهما من الرسائل البحثية.

**٣٢٢ق.م:** وفاة أرسطو.

**حوالي ١٥١:** بطليموس ينتهي من تأليف كتاب «المجسطي».

**حوالي ١٢٠٠:** مولد ألبرتوس ماجنوس.

**١٢٥٢–١٢٦٢:** الملك ألفونسو العاشر ملك قشتالة يرعى الفلكيين اليهود والعرب في حساباتهم للجداول الألفونسية التي تتنبأ بمواضع الكواكب.

**١٤١٥:** إعدام يان هوس بتهمة الهرطقة.

**١٤١٦:** إعدام جيروم من مدينة براغ بتهمة الهرطقة.

**١٤٧٣:** **مولد كوبرنيكوس في تورون.**

**١٤٨٣:** وفاة والد كوبرنيكوس.

**١٤٨٣:** خروج الطبعة الأولى من الجداول الألفونسية إلى النور (نُشِرت في البندقية).

**١٤٩١؟:** كوبرنيكوس يشرع في دراسة الفنون الحرة في جامعة ياجيلونيان بكراكوف.

**١٤٩٢:** كولومبوس يكتشف أمريكا.

**١٤٩٤:** كوبرنيكوس يدرس القانون في جامعة بولونيا.

**حوالي ١٥١٢:** كوبرنيكوس يطرح فكرة مركزية الشمس في كتابه «الشرح المختصر».

**١٥٢٢:** الإبحار حول العالم (بدأ بحملة قادها ماجلان).

**١٥٤٠:** نشر كتاب «النبذة الوصفية الأولى» لريتيكوس في جدانسك (أُلف في العام السابق على النشر)، وهو يوجز أجزاءً من كتاب «عن دورات الأجرام السماوية».

**١٥٤٢:** البابا بولس الثاني «يعيد تفعيل» محاكم التفتيش.

**١٥٤٣: نشر كتاب كوبرنيكوس «عن دورات الأجرام السماوية»، في وقت متزامن تقريبًا مع وفاته.**

**١٥٤٥–١٥٦٣:** مجمع ترنت يطالب الكاثوليك بالتمسك بكلٍّ من النصوص المقدسة وتقاليد الكنيسة المتعارف عليها.

**١٥٤٦:** مولد تيكو براهي.

**١٥٥١:** مؤلَّف إراسموس راينهولد «الجداول الألفونسية المحدثة» يستعين برياضيات كوبرنيكوس في الوقت الذي ينكر فيه مركزية الشمس.

**١٥٥٣:** حرق ميجيل سيرفيت على الخازوق بتهمة الهرطقة وأشياء أخرى من بينها التنجيم.

**١٥٦٤:** مولد جاليليو جاليلي.

**١٥٧١:** مولد يوهانز كبلر.

**١٥٧٧:** تيكو براهي يجزم بأن النظام الشمسي الذي تتوسطه الشمس يدور حول الأرض.

**١٦٠٠:** حرق جوردانو برونو على الخازوق.

**١٦٠١:** وفاة تيكو براهي.

**١٦١٠:** جاليليو يخترع التليسكوب.

**١٦١٣:** مؤلَّف جاليليو بعنوان «رسائل حول البقع الشمسية» يثبت دوران الشمس.

**١٦١٥:** محكمة التفتيش تبدأ أول تحقيق مع جاليليو.

**١٦١٦: مؤهلو المكتب المقدس بالفاتيكان يعلنون أن مركزية الشمس والأرض المتحركة مبادئ شاذة ومن قبيل الهرطقة. ويَصدر مرسوم باعتبار كتاب كوبرنيكوس «عن دورات الأجرام السماوية» الذي ابتلي بمثل تلك الأخطاء «موقوفًا لحين التمكن من تصويبها»، ويدرج على قائمة الكتب المحظورة.**

**١٦١٨–١٦٢١:** نشر مؤلَّف كبلر «خلاصة الفلك الكوبرنيكي».

**١٦٢٠: «تصويب» كتاب «عن دورات الأجرام السماوية» بحذف تسعة عبارات تجزم بأن الكتاب يعلن حقيقة فعلية.**

**١٦٣٠:** وفاة كبلر.

**١٦٣٣:** جاليليو يرتد عن هرطقته الكوبرنيكية.

**١٦٣٩:** الرصد الأول لعبور الزهرة من أمام الشمس.

**١٦٤٢:** وفاة جاليليو.

**١٦٤٢:** مولد إسحاق نيوتن.

**١٧٢٧:** وفاة إسحاق نيوتن.

**١٧٥٧:** البابا بنديكت الرابع عشر يرفع الحظر عن مؤلفات كوبرنيكوس باستثناء رسالة كوبرنيكوس غير المصوبة.

**١٧٨١:** السير ويليام هيرشل يكتشف كوكب أورانوس.

**١٨٣٥: رفع كتاب كوبرنيكوس من قائمة الكتب المحظورة.**

**١٨٣٨:** إف دبليو بيسيل يقيس تزيح النجم ٦١ سيجناي، ومن ثم يبرهن على الحركة السنوية لكوكب الأرض.

**١٨٤٦:** اكتشاف كوكب نبتون.

**١٨٤٩:** السير جون هيرشل يكتب مؤلفه «الخطوط العريضة لعلم الفلك».

**١٨٥١:** أول برهان عملي على الدوران اليومي للأرض يجري باستخدام بندول فوكو عام ١٨٥١.

**١٩١٥:** إيه إتش كومبتون يبرهن على الدوران اليومي للأرض بطريقة مختلفة، هذه المرة بواسطة أنبوب مملوء بالماء تبين محتوياته ظاهرة كوريوليس.

**١٩٣٠:** اكتشاف كوكب بلوتو.

**١٩٣٤ أو ١٩٣٥:** التقاط أول صورة فوتوغرافية (بالأشعة تحت الحمراء، من على ظهر منطاد) تصور تقوس كوكب الأرض.

# مسرد المصطلحات

تعبير «بطلمي» الوارد بالكتاب اختصار لأي شيء أدمج ضمن النظام البطلمي. ففي بعض الأحيان ربما يكون شيء ما ابتُكر على يد أحد أسلاف بطليموس (مثال مفهوم اللاتراكزية). ونفس الشيء ينطبق على كلمة «كوبرنيكي».

**احتجاب:** اختفاء جسم أصغر خلف جسم أكبر منه. ويذكرنا ينسن بأنه: «يكفي فقط أن يكون الجسم أصغر في حجمه الزاوي.» فالقمر كثيرًا ما يحجب وراءه نجمًا ما؛ بطبيعة الحال النجم في واقع الأمر أكبر كثيرًا من القمر، ولكن النجم في الوقت نفسه أبعد كثيرًا جدًّا، وبهذا يكون حجمه الزاوي (أو حجمه كما يبدو لنا) أصغر.

**ارتجاف (علم الفلك العتيق، بدلًا من فكرة المبادرة؛ وتكون بالمفهوم الكوبرنيكي، مقترنة بالمبادرة):** «تذبذب دوري للاعتدالات والانقلابات، ناشئ عن تأرجح بندولي للميل الزاوي للمستوى الكسوفي.»

**استطالة زاويَّة:** الزاوية الواقعة على امتداد المسار الكسوفي بين الكوكب والشمس، أو بين الكوكب وقمر يدور من حوله، حسبما تقاس من كوكب الأرض (بدرجات إلى الشرق أو إلى الغرب من الشمس).

**اقتران سفلي:** عندما يكون كوكبان أقرب ما يكون أحدهما من الآخر (على خط واحد على نفس الجانب من الشمس)، يقال للداخلي منهما إنه في حالة اقتران سفلي مع الخارجي. ويكون الخارجي في حالة تقابل مع الداخلي. وعندما تكون الأرض واحدة من هذين الكوكبين، يقال إن الاقتران واقع بالنسبة للشمس.

**اقتران علوي:** عندما يكون كوكبان أبعد ما يكون أحدهما عن الآخر (على خط واحد ويقع كلٌّ منهما على الجانب الآخر المقابل من الشمس)، يقال للداخلي منهما إنه في حالة

اقتران علوي مع الخارجي. ويكون الخارجي في حالة اقتران مع الداخلي. وعندما تكون الأرض واحدة من هذين الكوكبين، يقال إن الاقتران واقع بالنسبة للشمس.

**اقتران:** فترة زمنية «بين طورين متماثلين متعاقبين لكوكب أو قمر.»

**الاعتدالان، الربيعي والخريفي:** نقطتا التقاطع بين المسار الكسوفي وخط الاستواء السماوي؛ ويعرفهما بطليموس بأنهما «الاعتدالان، ويعرف ذلك الاعتدال الذي يحرس الدنو الشمالي بالربيعي، أما المقابل له فهو الاعتدال الخريفي.» عند هاتين النقطتين متعاكستي القطب حيث يقابل المسار الكسوفي خط الاستواء السماوي، اللتين وفق تقويمنا الميلادي الحالي تحدثان في الواحد والعشرين من مارس والثالث والعشرين من سبتمبر، عندهما — وعندهما فقط — يتساوى طول النهار والليل في جميع أنحاء الأرض (النهار والليل متساويا الطول دومًا عند خط الاستواء الأرضي).

**العالَم (مصطلح كوبرنيكي وبطلمي):** الكون.

**انحراف (تعبير كوبرنيكي):** تأرجح لمستويات فلك تدوير. ويشير كوبرنيكوس إليه باعتباره النوع الثالث من خطوط العرض، الذي يحدث مقترنًا بالثاني؛ وهو «الانحراف» (ك ٦–١).

**انقلاب شتوي:** هو اليوم من السنة الذي تشرق الشمس فيه وتغرب في موضع أقرب ما يكون للجنوب الجغرافي، ويكون الليل في ذلك اليوم أطول ليل في العام؛ وأيضًا، هو نقطة تقع على المسار الكسوفي تكون هي الأبعد عن القطب السماوي الشمالي.

**انقلاب صيفي:** نقطة على المسار الكسوفي هي الأقرب للقطب السماوي الشمالي؛ وأيضًا، اليوم من السنة الذي تشرق الشمس فيه وتغرب في موضع أقرب ما يكون للشمال الجغرافي، ويكون النهار في ذلك اليوم أطول نهار في العام.

**أوج:** النقطة الواقعة على المدار الذي مركزه الأرض عندما يكون الجرم السماوي أبعد ما يكون عن الأرض.

**تأرجح (كوبرنيكي):** «حركتان تبادليتان تنتميان بكاملهما لقطبَي» جرم سماوي (لا سيما الأرض)، «مثل الموازين المعلقة.»

**تربيع:** عندما يبدو جرم سماوي وقد فصله عن الشمس مسافة مقدارها ٩٠° في سماء الأرض.

**تزيُّح:** الزاوية المتغيرة بالنسبة لجسم يشكل خلفية لجسم معين أمامه أثناء تحرك نقطتنا المرجعية. وقد زعم البعض في معارضة لنظرية كوبرنيكوس أنه من الضروري

أن يكون هناك تزيح نجمي لو كانت الأرض بالفعل تدور حول الشمس. والواقع أنه كان هناك تزيح نجمي، لكن كانت النجوم بعيدة بعدًا سحيقًا عنا أكثر مما يخطر ببال أحد لدرجة أن التزيح النجمي استعصى على القياس قرونًا بعد نشر كتاب «عن دورات الأجرام السماوية». وكان التزيح الكوكبي في حقيقة الأمر قابلًا للقياس، وقد ساعد كوبرنيكوس على تفسير الظواهر.

**تقابل:** عندما يبدو جرم سماوي وقد فصلته عن الشمس مسافة تقدر بمائة وثمانين درجة في سماء الأرض. انظر «اقتران سفلي».

**تقلقل (بطلمي):** تأرجح كوكب ما في نطاق مساره الفلكي النظري.

**تقهقر:** حالة تبدو فيها الحركة الكوكبية الظاهرية حول الأرض وكأنها تتراجع للخلف.

**حادث قَرْني:** أي حادث يستغرق وقوعه زمنًا بالغ الطول.

**حضيض شمسي:** نقطة على المسار المداري يكون فيها جرم سماوي ما أقرب ما يكون إلى الشمس.

**حضيض:** نقطة على المسار المداري يكون فيها جرم سماوي ما أقرب ما يكون إلى كوكب الأرض.

**حيود (كوبرنيكي):** «تذبذب وقتي طفيف في ميول المؤجلات الكوكبية.» ويدخل كوبرنيكوس مصطلح الحيود (٦–١) باعتباره دائرة العرض عند أعلى وأدنى «قبوين» لجرم سماوي.

**خط الاستواء السماوي:** انظر «فلك كروي سماوي».

**خط الزوال السماوي:** إسقاط لخط الزوال الأرضي للراصد على الفلك الكروي السماوي. وهو يمر عبر سمت رأس الراصد وأفقه شمالًا أو جنوبًا.

**خط الزوال:** المستوى الذي يحوي الراصد الواقف فوق سطح كوكب معلوم ومحور دوران ذلك الكوكب.

**خط الطول السماوي:** «يقاس على امتداد المسار الكسوفي وتبدأ درجاته من صفر حتى ٣٦٠° شرق «الاعتدال الربيعي».» وهو «ليس» إسقاطًا لخط الطول الأرضي على الفلك السماوي الكروي، الذي يسمى «الميل الزاوي».

**دائرة العرض السماوي:** «تقاس بدءًا من درجة صفر حتى ٩٠° بزوايا قائمة على المسار الكسوفي، بجانب دائرة تمر عبر الجسم والقطبين الكسوفيين.» وهي «ليست» إسقاطًا لدائرة العرض الأرضي على الفلك السماوي الكروي، الذي يسمى «الميل الزاوي».

**دائرة عظمى:** نقطة تقاطع بين فلك كروي ومستوًى يمر من خلال مركز الفلك الكروي؛ ومن ثم يصبح «خط استواء» يشطر الفلك إلى نصفَي كرة متساويين.

**درجة السطوع:** مقدار لمعان جرم سماوي، وتقاس حاليًّا باستخدام اللوغاريتمات.

**زاوية الانحراف:** هي الزاوية الواقعة بين مستوًى مداري لجرم سماوي وخط استوائه.

**زاوية انحراف المسار الكسوفي:** هي الزاوية الواقعة بين خط استواء كوكب الأرض والمسار الكسوفي. وهي تبلغ حوالي ٢٧′ ٢٣°. وإذا كان المقصود أي جرم سماوي آخر غير كوكب الأرض، فإنه يكون من الواضح أن زاوية انحرافه المقابلة للمسار الكسوفي هي الزاوية الواقعة بين خط استوائه ومستواه الكسوفي.

**سمت الرأس:** النقطة الموجودة على «الفلك الكروي السماوي» الواقعة فوق رأس الراصد مباشرةً.

**سنة ضوئية:** هي المسافة التي يقطعها الضوء في عام كامل، وتساوي ٩٫٤٦ × ١٠^١٢ كيلومترات.

**سنة نجمية:** انظر «فترة نجمية».

**شذوذ (حسب المفهوم البطلمي والكوبرنيكي):** حركة منتظمة تتسبب مجتمعة مع حركة أخرى منتظمة في جعل تلك الأخيرة تبدو غير منتظمة.

**صعود قائم:** إسقاط لخط الطول الأرضي على الفلك الكروي السماوي.

**عالم دنيوي (أو تحت قمري أو أرضي) (مفهوم كوبرنيكي وقبل كوبرنيكي):** هي المنطقة الأرضية الواقعة أسفل فلك القمر. زعم الأرسطيون أن هذا العالم، لكونه مكونًا من أربعة عناصر، معرض للفناء والفساد والتغير؛ في حين أن العالم الواقع أعلى القمر — وهي الأجرام السماوية أو فوق القمرية — يكون مملوءًا بالعنصر الخامس الخالد، وهو الأثير. وكانت الأجرام السماوية بالمثل تعد خالدة لا تفنى.

**عبور:** عملية عبور جرم سماوي من أمام جرم آخر، حسبما تُشاهَد بواسطة راصد يقف في موضع ثالث. وفي كتابنا هذا كانت أقرب الحالات لهذا حالة عبور الزهرة من أمام وجه الشمس عام ١٦٣٩.

**عقدة:** واحدة من النقاط التي يتقاطع فيها المستوى المداري لقمر أو كوكب مع المسار الكسوفي.

**فترة اقترانية:** الوقت الذي يستغرقه جرم سماوي واحد في العودة إلى نفس الطور الظاهر حول جرم آخر بدأ معه. في حالة القمر، تعادل الفترة النجمية ٢٧ يومًا، و٧

ساعات، و٤٣ دقيقة، و١١,٥ ثانية؛ وفترته الاقترانية ٢٩ يومًا، و١٢ ساعة، و٤٤ دقيقة، و٢,٨ ثانية، حيث إن الوضع الظاهر للشمس يتغير جهة الشرق في هذه الأثناء.

**فترة مدارية:** مقدار الزمن المطلوب لإتمام دورة واحدة.

**فترة نجمية:** الزمن الذي يستغرقه جرم سماوي كي يكمل دورة واحدة حول جرم آخر (ويضيف ينسن هنا: «حسبما يقاس بالنسبة للنجوم»). فيما يتعلق بكوكب الأرض، السنة النجمية مقدارها ٣٦٥ يومًا، و٦ ساعات، و٩ دقائق، و٩,٣ ثوانٍ.

**فلك تدوير كوكبي (بطلمي):** شبه حركة دائرية يُفتَرض أنها تصنع مدارًا متعرجًا يقابل الدوران تام الاستدارة. ومن الممكن إضافة أي عدد من أفلاك التدوير من أجل «تفسير الظواهر». فكِّرْ فيها بوصفها عجلات من داخل عجلات. ومن أمثلتها مدار القمر حول الأرض الدوارة.

**فلك كروي سماوي:** كرة تخيلية، مركزها نقطتنا المرجعية على سطح كوكب الأرض، تحوي جميع الأجرام السماوية التي يمكننا رؤيتها. ويمكن إسقاط كلٍّ من القطبين الأرضيين وخط الاستواء الأرضي على نظائرها السماوية.

**فوهة صدمية:** حفرة في سطح الجرم السماوي، يتسبب فيها اصطدام جرم آخر به مثل كويكب.

**قطب سماوي:** انظر «فلك كروي سماوي».

**كسوفي، مائل:** انظر «ميل المسار الكسوفي».

**لاتراكزية مدارية:** «انحراف مدار عن دائرة محسوبًا بالمقدار التالي (ط – ق) / (ط + ق) حيث «ط» و«ق» هما القطران الطويل والقصير للمدار الذي يدور حوله المؤجل.»

**لامتراكزة (بطلمي أو كوبرنيكي):** «مؤجِّل» ليست الأرض مركزًا له، ولا الشمس ولا أي جرم سماوي آخر يدور حوله المؤجِّل.

**مبادرة:** التمايل الارتجافي البطيء للأرض حول محورها، نتيجة للجاذبية القمرية والشمسية. وتبلغ الدورة المبادرية الكاملة حوالي ٢٥٨٠٠ عام.

**مدار أو فلك:** هو المسار الدائري لجرم سماوي حول جسم مركزي. في حال ما إذا لم يكن موضوع هذا الكتاب قد اتضح لك بعد، كان بطليموس يعتقد أن جيراننا من الكواكب الأخرى تدور حول الأرض، في حين رأى كوبرنيكوس أنها تدور حول الشمس. وكانت المدارات سواء البطلمية أو الكوبرنيكية مكونة من العديد من الدوائر حسبما يحتاج الأمر حتى تصنع دائرة تامة الاستدارة تتوافق مع «الظواهر». ونحن الآن نعرف أن المدارات الكوكبية تتسم بسمة «اللاتراكزية». والحقيقة أنها على شكل قطع ناقص.

**مداران (كوبرنيكي وبطلمي):** هما دائرتا عرض تقعان على الفلك الكروي السماوي (أي: موازيتان لخط الاستواء السماوي) تعبرهما الشمس ظاهريًّا عند أقصى شمال وأقصى جنوب لمسارها الكسوفي (±٢٧′ ٢٣°). وأيضًا، هما دائرتا العرض الأرضيتان المقابلتان لهما (٢٧′ ٢٣°ش و٢٧′ ٢٣°ج).

**مسار كسوفي (البطلمي مقابل الكوبرنيكي):** هو مستوى مدار الأرض حول الشمس. ويعرفه كوبرنيكوس بأنه «الدائرة المارة عبر منتصف البروج التي يتحرك أسفلها مركز الأرض في دائرة خلال دورانها السنوي.» أما بطليموس فإنه يعرفها بطبيعة الحال في الاتجاه المعاكس؛ أي إنها المسار الظاهري للشمس حول الأرض.

**موازن (بطلمي):** نقطة رياضية، تختلف عن مركز دوران كوكب ما، وتكون حركة الكوكب حولها منتظمة. وقد رفض كوبرنيكوس هذه الوسيلة المفتعلة «لتفسير الظواهر».

**مؤجِّل دائري (بطلمي):** الدائرة العظمى لمدار جرم سماوي التي تحمل «فلك تدوير» واحد أو أكثر.

**ميل زاوي:** هو زاوية ميل الجرم السماوي على مستوى خط استواء كوكب الأرض. وهو بمنزلة إسقاط لدائرة العرض الأرضية على الفلك الكروي السماوي.

**ميل مداري (بطلمي وكوبرنيكي):** دائرة العرض «التي تقع عند متوسط خطوط الطول.» ونحن نعرفه الآن بأنه زاوية ميل جرم سماوي على المسار الكسوفي.

**نجم ثابت (كوبرنيكي، وما قبل كوبرنيكي):** أيُّ نجم بخلاف «النجم السيار» (يعني هنا كوكب)؛ لأن جميع النجوم كان يُعتقد أنها مركبة (أو مثبتة) على الفلك الكروي الخارجي للكون، الذي يدور من حولنا كل أربع وعشرين ساعة.

**نقاط قبوية (حسب المفهوم البطلمي والكوبرنيكي):** نقاط على مدار عندما يصبح جرمان سماويان أقرب ما يكون أحدهما من الآخر، وكذا عندما يصبحان أبعد ما يكون أحدهما عن الآخر.

**نقطة الرأس:** نقطة تقع على المسار المداري عندما يكون الكوكب أو القمر أو الكويكب، إلخ، أبعد ما يكون عن شمسه.

**وحدة فلكية:** مقياس مبني على نصف قطر المسار الكسوفي. ويبلغ متوسط المسافة بين الأرض والشمس وحدة فلكية واحدة.

**وضاءة:** نسبة الضوء المنعكس من على سطح كوكب أو نجم.

# ثبت المراجع

## (أ) علم الفلك والرياضيات والعلوم الطبيعية وتاريخ العلوم (بما يشمل أعمال كوبرنيكوس)

As can be seen below, my separate citations for Copernicus, Kepler and Ptolemy are mostly from a single volume. I hope that the reader will consider this a convenience and not a bit of puffery.

Dr. Eric Jensen, the dedicatee, prepared some "Astronomy-related comments on William Vollmann's 'Uncentering the Earth.'" I have cited these in the form "Jensen, n. to ms. p. *x*." These documents will be placed with the rest of my archive at Ohio State University.


Asger Aaboe, *Episodes from the Early History of Astronomy* (New York: Springer-Verlag, 2001).

Al-Biruni, *Kitab Tahdid al-Amakin: The Determination of the Coordinates of Cities,* trans. Jamil Ali (Beirut: Centennial Publications, American University of Beirut, 1967; orig. Arabic ed. completed A.D. 1025).

Aristotle, *Works,* vol. 1; in Robert Maynard Hutchins, ed.-in-chief, Great Books of the Western World, vol. 8 (Chicago: Encyclopaedia Britannica, Inc. and the University of Chicago, 1971 repr. of 1952 ed.). The

two works within which I have cited are the *Physics*, trans. R. P. Hardie and R. K. Gaye; and *On the Heavens*, trans. J. L. Stocks.

Isaac Asimov, *The Kingdom of the Sun,* rev. ed. (New York: Abelard Schuman, 1960).

Frank Ayres, *Theory and Problems of Plane and Spherical Trigonometry* (New York: Schaum Publishing Co., Schaum's Outline Series, 1954).

Sir Robert Ball, *Great Astronomers* (London: Isbister and Company Ltd., 1895).

Francis Barret, *The Magus, A Complete System of Occult Philosophy* (Seacaucus, New Jersey: The Citadel Press, 1975 pbk repr. of 1967 facsimile ed.; orig. British ed. 1801).

Barbara Bienkowska, ed., *The Scientific World of Copernicus: On the Occasion of the 500th Anniversary of His Birth 1473–1973* (Boston: D. Reidel Publishing Co., Dordrecht-Holland, 1973).

Louis Brand, E.E., Ph.D., Professor of Mathematics, University of Cincinnati, *Vectoral Mechanics* (New York: John Wiley & Sons, Inc., 1930).

James Brophy and Henry Paolucci, *The Achievement of Galileo* (New Haven, Connecticut: College and University Press, 1962).

Nicholas [Nicolaus] Copernicus, *On the Revolutions of the Heavenly Spheres;* in Robert Maynard Hutchins, ed.-in-chief, Great Books of the Western World, vol. 16: *Ptolemy, Copernicus, Kepler* (Chicago: Encyclopaedia Britannica, Inc. and the University of Chicago, 1971 repr. of 1952 ed.). This version of *Revolutions* is trans. by Charles Glenn Wallis. Cited: "Copernicus."

Nicholas Copernicus, complete works, vol. II: *On the Revolutions,* trans. and commentary Edward Rosen, with Erna Hilfstein (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1992 corr. repr. of 1978 ed.). Cited: "Copernicus (Rosen), vol. 2."

Copernicus, complete works, vol. III: *Minor Works,* trans. and commentary Edward Rosen, with Erna Hilfstein (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1992 corr. repr. of 1985 ed.). Cited: "Copernicus (Rosen), vol. 3."

[Copernicus Anniversary National Organizing Committee.] The National Organizing Committee in Australia, *Nicolaus Copernicus Heritage: On the 500th Anniversary of Copernicus* (Melbourne and Victoria: Polish Technical and Professsional Club, 1973).

Martin Davidson, ed., *Astronomy for Everyman* (London: J. M. Dent & Sons Ltd., 1953).

Arthur E. Davies, *Celestial Navigation: A Practical Guide* (Ramsbury, Marlborough, Wiltshire, U.K.: Helmsman Books, an imprint of The Crowood Press Ltd., 1992).

Stéphane Deligeorges, *Le pendule de Foucault au Panthéon: 1851–1902–1995: Le pendule sous "l'oeil de Dieu"* (Paris: Conservatorie National des Arts et Métiers, Musée National des techniques, Éditions du patrimoine, 2002 repr. of 1995 ed.).

René Dugas, *Mechanics in the Seventeenth Century (From the Scholastic Antecedents to Classical Thought),* trans. Frieda Jacquot (New York: Central Book Company, Inc., copublished with Éditions du Griffon, Neuchatel, Switzerland, 1958).

Storm Dunlap, *Practical Astronomy* (Buffalo, New York: Firefly Books, 2004 repr. of orig. 1985 ed.).

Leo Elders, S.V.D., Ph.D., *Aristotle's Cosmology: A Commentary on the* De Caelo (Assen, The Netherlands: Van Gorcum & Co., 1965).

Owen Gingerich, ed., *The Nature of Scientific Discovery: A Symposium Commemorating the 500th Anniversary of the Birth of Niclaus Copernicus* (Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1975). Cited: "Gingerich, ed."

Owen Gingerich, *The Book Nobody Read: Chasing the Revolutions of Nicolaus Copernicus* (New York: Walker & Co., 2004). Cited: "Gingerich, *The Book Nobody Read.*"

Rupert Gleadow, *The Origin of the Zodiac* (New York: Atheneum, 1969).

Ronald Greeley and Raymond Batson, *The Compact NASA Atlas of the Solar System* (New York: Cambridge University Press, 2001; derived from *The NASA Atlas of the Solar System*, 1997).

William K. Hartmann, *Astronomy: The Cosmic Journey,* 2nd ed. (Belmont, California: Wadsworth Publishing Co., 1982 rev. of orig. 1978 ed.).

Sir John F. W. Herschel, Bart., K. H., *Outlines of Astronomy* (New York: D. Appleton & Co., 1872 rev. of orig. 1849 ed.).

Theodor S. Jacobsen, *Planetary Systems from the Ancient Greeks to Kepler* (Seattle: Department of Astronomy, University of Washington, in association with The University of Washington Press, 1999).

Michio Kaku, *Einstein's Cosmos: How Albert Einstein's Vision Transformed Our Understanding of Space and Time* (New York: W. W. Norton & Co., Atlas Books, Great Discoveries ser., 2004).

Johannes Kepler, *Epitome of Copernican Astronomy* and *the Harmonies of the World*; in Robert Maynard Hutchins, ed.-in-chief, Great Books of the Western World, vol. 16: *Ptolemy, Copernicus, Kepler* (Chicago: Encyclopaedia Britannica, Inc. and the University of Chicago, 1971 repr. of 1952 ed.). This version of the *Epitome* is trans. by Charles Glenn Wallis and contains only Books IV and V. This version of the *Harmonies*, by the same trans., contains only Book V. Cited: "Kepler."

Zdeněk Kopal, *The Solar System* (New York: Oxford University Press, 1974 repr. of 1972 ed.).

William J. Kotsch, Rear Admiral, U.S. Navy (retired), *Weather for the Mariner,* 3rd ed. (Annapolis, Maryland: Naval Institute Press, 1983).

Thomas S. Kuhn, *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Modern Thought* (Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1985 repr. of 1957 ed.).

Gerard P. Kuiper, ed., *The Earth as a Planet* (Chicago: The University of Chicago Press, 1954).

Gerard P. Kuiper, ed., *The Sun* (Chicago: The University of Chicago Press, 1953).

Gerard P. Kuiper and Barbara M. Middlehurst, eds., *Planets and Satellites* (Chicago: The University of Chicago Press, 1961).

John Lear, *Kepler's Dream, with the Full Text and Notes of* Somnium, Sive Astronomia Lunaris, *Johannis Kepleri,* trans. Patricial Frueh Kirkwood (Berkeley: University of California Press, 1965). Cited: "Lear," not "Kepler," since most of what I've drawn on is Lear's long introduction.

Wolfgang Lefèvre, ed., *Picturing Machines 1400–1700* (Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2004).

G. W. Leibniz, *Philosophical Essays,* trans. Roger Ariew and Daniel Garber (Indianapolis: Hackett Publishing Co., 1989).

Louis Leithold, *The Calculus with Analytic Geometry,* 3rd ed. (New York: Harper & Row, 1976 repr. of 1968 ed.).

A. C. B. Lovell, Prof. of Radio Astronomy in the University of Manchester, *The Individual and the Universe: The BBC Reith Lectures 1958* (New York: Harper & Brothers, 1959).

Sir Bernard Lovell, *Emerging Cosmology* (New York: Columbia University Press, 1981).

Hector Macpherson, *Makers of Astronomy* (London: Oxford at the Clarendon Press, 1933).

Robert Andrews Millikan, *Evolution in Science and Religion* (New Haven: Yale University Press, 1927).

[Arthur P. Norton.] *Norton's Star Atlas and Reference Handbook,* 20th ed., ed. Ian Ridpath (New York: Pi Press, 2004; orig. ed. 1910).

Plato, *Collected Dialogues,* ed. Edith Hamilton and Huntington Cairns (Princeton, New Jersey: Princeton University Press, Bollingen ser. LXXI, 1978 corr. repr. of 1961 ed.; orig. dialogues bef. 348 B.C.). *Republic* trans. Paul Shorey; *Timaeus* trans. Benjamin Jowett.

Ptolemy, *The Almagest;* in Robert Maynard Hutchins, ed.-in-chief, Great Books of the Western World, vol. 16: *Ptolemy, Copernicus, Kepler* (Chicago: Encyclopaedia Britannica, Inc. and the University of Chicago, 1971 repr. of 1952 ed.). This version of *The Almagest* is trans. by R. Catesby Taliaferro. Cited: "Ptolemy."

Ian Ridpath, *Stars and Planets* (New York: Dorling Kindersley, Smithsonian Handbooks, 2002 repr. of 1998 ed.; first British ed. May have been earlier).

Edward Rosen, *Copernicus and His Successors* (London: The Hambledon Press, 1995).

Giorgio de Santillana, *The Crime of Galileo* (Chicago: The University of Chicago Press, 1955).

Kurt Seligmann, *Magic, Supernaturalism and Religion* (New York: Pantheon Books/Random House pbk, 1971; orig. ed. 1948).

Liba Chaia Taub, *Ptolemy's Universe: The Natural Philosophical and Ethical Foundations of Ptolemy's Astronomy* (Chicago: Open Court, 1993).

F. W. Taylor, *The Cambridge Photographic Guide to the Planets* (Cambridge: Cambridge University Press, 2001).

Donald E. Tilley and Walter Thumm, *Physics for College Students with Applications to the Life Sciences* (Menlo Park, California: Cummings Publishing Co., 1974).

*The Times Comprehensive Atlas of the World,* 10th ed. (London: Times Books, 2001 corr. repr.).

Joshua Trachtenberg, *Jewish Magic and Superstition: A Study in Folk Religion* (New York: Atheneum/A Temple Book, undated repr. of 1939 orig. ed.).

Rienk Vermij, *The Calvinist Copernicans: The Reception of the New Astronomy in the Dutch Republic, 1575–1750* (Amsterdam: Koninklije Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 2002).

A. Weigert and H. Zimmermann, *A Concise Encyclopedia of Astronomy,* trans. J. Home Dickinson (New York: American Elsevier Publishing Company, Inc., 1968 trans. of orig. 1967 German ed.).

James A. Weisheipl, OP, Pontifical Institute of Medieval Studies, ed., *Albertus Magnus and the Sciences: Commemorative Essays 1980* (Toronto: Pontifical Institute of Medieval Studies, 1980).

A. M. Welchons and W. R. Krickenberger, *Trigonometry with Tables* (Chicago: Ginn & Co., 1954).

Fred L. Whipple, *Earth, Moon, and Planets,* 3rd ed. (Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, The Harvard Books on Astronomy ser., 1970; orig. ed. 1941).

## (ب) النصوص المقدسة والكنيسة

Saint Augustine, *The Confessions, The City of God, On Christian Doctrine,* in Robert Maynard Hutchins, ed.–in–chief, Great Books of the Western World, vol. 18 (Chicago: Encyclopaedia Britannica, Inc. and the University of Chicago, 1971 repr. of 1952 ed.). This version of *The Confessions* is trans. by Edward Bouverie Pusey.

[The Venerable] Bede, *The Reckoning of Time,* trans. and commentary Faith Wallace (Liverpool: Liverpool University Press, Translated Texts for Historians, vol. 29, 1999; orig. ed. *ca.* 725).

[Bible]. *The New Oxford Annotated Bible with the Apocrypha,* rev. standard ed., ed. Herbert G. May and Bruce M. Metzger (New York: Oxford University Press, 1977). Cited simply by chapter and verse.

James E. Biechler, *The Religious Language of Nicholas of Cusa* (Misssoula, Montana: American Academy of Religion and Scholars Press, 1975).

François Paul Émile Boisnormand de Bonneschose, *The Reformers Before the Reformation,* trans. Campbell Mackenzie, B.A. (New York: Harper & Brothers, 1844).

Martin Chemnitz, *Examination of the Council of Trent, Part 1,* trans. Fred Kramer (St. Louis, Missouri: Concordia Publishing House, 1971; orig. Latin ed. 1565–73).

Brother Guy Consolmagno SJ, Vatican Observatory, *Brother Astronomer: Adventures of a Vatican Scientist* (New York: McGraw-Hill, 2000).

The Right Rev. Charles Joseph Hefele, D.D., Bishop of Rottenburg, *A History of the Christian Councils, from the Original Documents, to the Close of the Council of Nicaea, A. D. 325,* trans. and ed. William R. Clark, M. A., 2nd ed., rev. (Edinburgh: T. & T. Clark, 1894; no date given for orig. German ed.; however, it must not have been too much earlier, since trans. was in correspondence with author).

Gerhart B. Ladner, *God, Cosmos and Humankind: The World of Early Christian Symbolism,* trans. Thomas Dunlap (Berkeley: University of California Press, 1995; orig. German ed. 1992).

Henry Charles Lea, *A History of the Inquisition of the Middle Ages in Three Volumes* (New York: Russell & Russell, 1958 repr. of 1887? ed.).

J. V. Peach, *Cosmology and Christianity* (New York: Hawthorn Books, *Twentieth Century Encyclopedia of Catholicism,* vol. 127 under sec. XIII: “Catholicism and Science”).

John Tedeschi, *The Prosecution of Heresy: Collected Studies on the Inquisition in Early Modern Italy* (Binghamton, New York: Medieval and Renaissance Texts & Studies, 1991).

The Rev. J. Waterworth, trans. and comp., *The Canons and Decrees of the Sacred and Oecumenical Council of Trent, Celebrated under the Sovereign Pontiffs, Paul III., Julius III., and Pius IV.* (London: C. Dolman, 1848).

## (ج) تاريخ وأدبيات وسياقات عامة

Charles Avery Amsden, *Prehistoric Southwesterners from Basketmaker to Pueblo* (Los Angeles: Southwest Museum, 1976 repr. of orig. 1949 ed.).

Jacques Barzun, *From Dawn to Decadence: 500 Years of Western Cultural Life: 1500 to the Present* (New York: HarperCollins, 2000).

Henryk Bietkowski and Wlodzimierz Zonn, *Die Welt des Copernicus* (Warsaw: Verlag Arkady Warszawa; Dresden: Verlag der Kunst, 1973). A book of photographs of the various places where Copernicus lived.

Girolamo Cardano, *The Book of My Life,* trans. Jean Stoner (New York: New York Review Books, 2002; orig. trans. 1929; orig. Latin ed. 1575).

G. G. Coulton, *The Medieval Village* (New York: Dover Publications, 1989 repr. of orig. 1925 ed.; orig. preface del. from repr.).

*The Divine Comedy of Dante Alighieri, vol. 1: Inferno,* and *vol. 3: Paradiso*, with English trans. and comment John D. Sinclair (New York: Oxford University Press, 1979 repr. of 1939 ed.; orig. Italian text completed shortly before Dante's death in 1321). Cited: Dante, *Inferno,* and Dante, *Paradiso.*

Paul Edwards and Arthur Pap, eds., *A Modern Introduction to Philosophy: Readings from Classical and Contemporary Sources,* 3rd ed. (New

York: The Free Press/A Division of Macmillan Publishing Co., Inc., 1973; orig. ed. 1957).

Arthur Koestler, *The Act of Creation* (New York: Dell Books [Laurel]; 1975 repr. of orig. 1964 Macmillan ed.).

Czeslaw Milosz, *The History of Polish Literature,* 2nd ed. (Berkeley: University of California Press, 1983 rev. of 1969 ed.).

Friedrich Nietzsche, *The Will to Power,* trans. Walter Kaufmann and R. J. Hollingdale, ed. Walter Kaufmann (New York: Random House/A Vintage Giant, 1968; orig. German ed. wr. 1883–88).

James Bruce Ross and Mary Martin McLaughlin, eds., *The Portable Medieval Reader* (New York: Penguin, 1977 repr. of 1949 ed.).

Marie-Louise von Franz, *The Cat: A Tale of Feminine Redemption* (Toronto: Inner City Books, Studies in Jungian Psychology by Jungian Analysts ser., 1999).

H. G. Wells, *The Outline of History: The Whole Story of Man,* rev. by Raymond Postgate and G. P.Wells (Garden City, New York: Doubleday & Co., Book Club ed., 1971; orig. ed. 1920), vol. 1.